



Escola Politècnica Superior d'Enginyeria  
de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

# **MINIPROYECTO**

# **AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

## **(AUTI)**

**TÍTULO:**    **Sistemas SCADA.**

**AUTORES:**       Jaume Romagosa Cabús.  
                  David Gallego Navarrete.  
                  Raúl Pacheco Porras.

**TITULACIÓN:**    **ETI, Especialidad en Electrónica Industrial.**

**DIRECTOR:**       **Pere Ponsa.**

**DEPARTAMENTO:** Ingeniería de Sistemas, Automática e Informática Industrial

**FECHA:** 25/05/2004

Este Proyecto tiene en cuenta aspectos medioambientales: ☐ Sí ☐ No

## MINIPROYECTO AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

### RESUMEN

El proyecto que tratamos a continuación intenta explicar el concepto de sistema SCADA.

Para tal efecto, se comentan los motivos de la implantación del software de control, supervisión y adquisición de datos en una planta industrial automatizada, denominado SCADA.

Por ejemplo, una de las utilidades de este sistema es que a través de la comunicación con los dispositivos de campo (autómatas programables, etc.) se puede controlar el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador, mediante una interfaz gráfica que es configurada por el usuario.

Se detallan todas las prestaciones y requisitos necesarios para sacar el máximo provecho a un sistema SCADA. Además, también se especifica su estructura interna, así como sus componentes básicos que permiten las actividades de supervisión y adquisición de datos. De forma genérica, estos componentes permiten una comunicación entre distintas aplicaciones (bases de datos, aplicaciones de *Microsoft Office*, *Visual Basic*, etc.) ya que se rigen por el estándar OPC.

De forma práctica, se pretende analizar el SCADA *CX-Supervisor*, de la casa OMRON, para crear un pequeño sistema de adquisición y tratamiento de datos.

### Palabras clave :

Software	Automatización	Control	SCADA
CX-Supervisor	Supervisión	PLC	Interfaz gráfica
Alarmas			

# ÍNDICE

1. OBJETIVOS.....	4
2. APROXIMACIÓN TEÓRICA A LOS SISTEMAS SCADA.....	5
2.1 INTRODUCCIÓN.....	5
2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE UN SCADA.....	5
2.3 CARACTERÍSTICAS DE UN SISTEMA SCADA.....	6
2.4 PRESTACIONES.....	8
2.5 REQUISITOS.....	9
2.6 COMPONENTES DE HARDWARE.....	9
2.8 IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA FUNCIONAL.....	12
2.10 ESTRUCTURA Y COMPONENTES DE UN SOFTWARE SCADA.....	15
2.12 TECNOLOGÍAS DE INTEGRACIÓN MICROSOFT (Drivers Específicos)...	21
2.13 EVOLUCIÓN DEL SOFTWARE SCADA.....	25
2.14 EJEMPLO DE APLICACIÓN SCADA.....	27
2.15 TABLA COMPARATIVA.....	33
3. PARTE APLICADA.....	35
3.1 CARACTERÍSTICAS DEL PLC CPM1.....	35
3.2 EJEMPLO DE APLICACIÓN.....	35
3.3 PROGRAMACIÓN MEDIANTE CX-PROGRAMMER.....	38
3.4 SOFTWARE SCADA CX-SUPERVISOR.....	45
3.5 SUPERVISIÓN Y CONTROL DEL PROCESO.....	47
4. BIBLIOGRAFÍA Y BÚSQUEDA EN INTERNET.....	56
5. ANEXOS.....	58
5.1 MOTOROLA MOSCAD PLC:.....	58
5.2 SCADA Modems:.....	59
5.3 Comunicación Excel-CxSupervisor por DDE para control SCADA.....	60

## 1. OBJETIVOS.

Mediante el presente trabajo pretendemos realizar un acercamiento al complejo, cambiante y, en ocasiones, difuso mundo de los sistemas de supervisión y control en la industria.

Lejos de ofrecer un trabajo exhaustivo y en profundidad sobre el tema, lo que intentaremos es dejar clara la idea de cómo es un sistema SCADA en su forma más genérica; desde el software utilizado en su configuración o los drivers de protocolo, hasta la parte más hardware y de componentes tecnológicos de dichos sistemas.

Para ello, éste proyecto se divide en dos partes fundamentales. Una parte inicial teórica donde revisamos las características, prestaciones y requisitos que debe presentar un sistema SCADA; así como, la configuración, estructura e integración de sus componentes: *Software* y *hardware*; es decir, la parte lógica y física del sistema que permite el funcionamiento de las distintas partes de la industria donde se aplica, como un único sistema funcional.

La segunda parte es fundamentalmente práctica. Mediante un PLC de Omron, un PC y el software de Omron para sistemas SCADA CX-Supervisor, intentaremos implementar una pequeña aplicación SCADA en nuestro ordenador. Cabe decir que esta aplicación no será un sistema SCADA en sí mismo, debido al poco tiempo disponible y la sencillez del sistema implementado, sino más bien una pequeña introducción a la supervisión mediante software SCADA en formato HMI. Aunque en dicha parte aparezcan datos teóricos más específicos sobre estos sistemas, estos tendrán relación práctica con el trabajo realizado en éste apartado.

Finalmente, queremos dejar patente con nuestro proyecto que los sistemas SCADA son una aplicación para la **integración** de los procesos industriales, que ofrece unas nuevas expectativas en eficacia y optimización de los procesos industriales nunca vistas hasta ahora. Por ello, el nivel de automatización que presenta una industria basada en software SCADA es el más alto que hoy en día se puede ver.

## 2. APROXIMACIÓN TEÓRICA A LOS SISTEMAS SCADA.

### 2.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de la automatización industrial consiste en gobernar la actividad y la evolución de los procesos sin la intervención continua de un operador humano.

En los últimos años, se ha estado desarrollado un sistema, denominado SCADA, el cuál permite supervisar y controlar, las distintas variables que se encuentran en un proceso o planta determinada. Para ello se deben utilizar distintos periféricos, softwares de aplicación, unidades remotas, sistemas de comunicación, etc., los cuales permiten al operador mediante la visualización en una pantalla de computador, tener el completo acceso al proceso.

Existen como sabemos varios sistemas que permiten controlar y supervisar, como lo son: PLC, DCS y ahora SCADA, que se pueden integrar y comunicar entre sí, mediante una red Ethernet, y así mejorar en tiempo real, la interfaz al operador.

Ahora no sólo se puede supervisar el proceso, sino además tener acceso al historial de las alarmas y variables de control con mayor claridad, combinar bases de datos relacionadas, presentar en un simple computador, por ejemplo, una plantilla excel, documento word, todo en ambiente Windows, siendo así todo el sistema más amigable.

### 2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE UN SCADA

El nombre **SCADA** significa : (*Supervisory Control And Data Adquisition*, Control Supervisor y Adquisición de datos) .

Un sistema SCADA es una aplicación o conjunto de aplicaciones software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores de control de producción, con acceso a la planta mediante la comunicación digital con los instrumentos y actuadores , e interfaz gráfica de alto nivel con el usuario (pantallas táctiles, ratones o cursores, lápices ópticos , etc... ). Aunque inicialmente solo era un programa que permitía la supervisión y adquisición de datos en procesos de control, en los últimos tiempos han ido surgiendo una serie de productos hardware y buses especialmente diseñados o adaptados para éste tipo de sistemas. La interconexión de los sistemas SCADA también es propia, se realiza una interfaz del PC a la planta centralizada, cerrando el lazo sobre el ordenador principal de supervisión.

El sistema permite comunicarse con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, sistemas de dosificación, etc.) para controlar el proceso en forma automática desde la pantalla del ordenador, que es configurada por el usuario y puede ser modificada con facilidad. Además,

provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios.

Los sistemas SCADA se utilizan en el control de oleoductos, sistemas de transmisión de energía eléctrica, yacimientos de gas y petróleo, redes de distribución de gas natural [1], subterráneos, generación energética (convencional y nuclear)...

No todos los sistemas SCADA están limitados a procesos industriales sino que también se ha extendido su uso a instalaciones experimentales como la fusión nuclear o los colisionadores del CERN donde la alta capacidad de gestionar un número elevado de E/S, la adquisición y supervisión de esos datos; convierte a estos, en sistemas ideales en procesos que pueden tener canales entorno a los 100k o incluso cerca de 1M. [2]

## 2.3 CARACTERÍSTICAS DE UN SISTEMA SCADA

Los sistemas SCADA, en su función de sistemas de control, dan una nueva característica de automatización que realmente pocos sistemas ofrecen: la de **supervisión**.

Sistemas de control hay muchos y muy variados y todos, bien aplicados, ofrecen soluciones óptimas en entornos industriales. Lo que hace de los sistemas SCADA una herramienta diferenciadora es la característica de **control supervisado**. De hecho, la parte de control viene definida y supeditada, por el proceso a controlar, y en última instancia, por el hardware e instrumental de control (PLCs, controladores lógicos, armarios de control... ) o los algoritmos lógicos de control aplicados sobre la planta los cuales pueden existir previamente a la implantación del sistema SCADA, el cual se instalará sobre y en función de estos sistemas de control. (Otros sistemas SCADA pueden requerir o aprovechar el hecho que implantamos un nuevo sistema de automatización en la planta para cambiar u optimizar los sistemas de control previos.)

En consecuencia, supervisamos el control de la planta y no solamente monitorizamos las variables que en un momento determinado están actuando sobre la planta; esto es, podemos actuar y variar las variables de control en tiempo real, algo que pocos sistemas permiten con la facilidad intuitiva que dan los sistemas SCADA.

Se puede definir la palabra **supervisar** como ejercer la inspección superior en determinados casos, ver con atención o cuidado y someter una cosa a un nuevo examen para corregirla o repararla permitiendo una acción sobre la cosa supervisada. La labor del supervisor representa una tarea delicada y esencial desde el punto de vista normativo y operativo; de ésta acción depende en gran medida garantizar la calidad y eficiencia del proceso que se desarrolla. En el supervisor descansa la responsabilidad de orientar o corregir las acciones que se desarrollan. Por lo tanto tenemos una toma de decisiones sobre las acciones de últimas de control por parte del supervisor, que en el caso de los sistemas SCADA, estas recaen sobre el operario.

Esto diferencia notablemente los sistemas SCADA de los sistemas clásicos de automatización donde las variables de control están distribuidas sobre los controladores electrónicos de la planta y dificulta mucho una variación en el proceso de control, ya que estos sistemas una vez implementados no permiten un control a tiempo real óptimo. La función de monitorización de estos sistemas se realiza sobre un PC industrial ofreciendo una visión de los parámetros de control sobre la pantalla de ordenador, lo que se denomina un HMI (Human Machine Interface), como en los sistemas SCADA, pero sólo ofrecen una función complementaria de **monitorización**: Observar mediante aparatos especiales el curso de uno o varios parámetros fisiológicos o de otra naturaleza para detectar posibles anomalías (Definición Real Academia de la Lengua)

Es decir, los sistemas de automatización de interfaz gráfica tipo HMI básicos, ofrecen una gestión de alarmas en formato rudimentarias mediante las cuales la única opción que le queda al operario es realizar una parada de emergencia, reparar o compensar la anomalía y realizar un *reset*. En los sistemas SCADA, se utiliza un HMI interactivo el cual permite detectar alarmas y a través de la pantalla solucionar el problema mediante las acciones adecuadas en *tiempo real*. Esto otorga una gran flexibilidad a los sistemas SCADA. En definitiva, el modo supervisor del HMI de un sistema SCADA no solamente señala los problemas, sino lo mas importante, orienta en los procedimientos para solucionarlos.

A menudo, las palabras SCADA y HMI inducen cierta confusión en los profanos (frecuentemente alentada por los mismos fabricantes en su afán de diferenciar el producto o exaltar comercialmente el mismo). Ciertamente es que todos los sistemas SCADA ofrecen una interfaz gráfica PC-Operario tipo HMI, pero no todos los sistemas de automatización que tienen HMI son SCADA. La diferencia radica en la función de supervisión que pueden realizar estos últimos a través del HMI.

- **Adquisición y almacenado de datos**, para recoger, procesar y almacenar la información recibida, en forma continua y confiable.
- **Representación gráfica** y animada de variables de proceso y monitorización de éstas por medio de alarmas
- Ejecutar **acciones de control**, para modificar la evolución del proceso, actuando bien sobre los reguladores autónomos básicos (consignas, alarmas, menús, etc.) bien directamente sobre el proceso mediante las salidas conectadas.
- **Arquitectura abierta y flexible** con capacidad de ampliación y adaptación
- **Conectividad** con otras aplicaciones y bases de datos, locales o distribuidas en redes de comunicación

- **Supervisión**, para observar desde un monitor la evolución de las variables de control.
- **Transmisión**, de información con dispositivos de campo y otros PC.
- **Base de datos**, gestión de datos con bajos tiempos de acceso. Suele utilizar ODBC.
- **Presentación**, representación gráfica de los datos. Interfaz del Operador o HMI (Human Machine Interface).
- **Explotación** de los datos adquiridos para gestión de la calidad, control estadístico, gestión de la producción y gestión administrativa y financiera.
- Alertar al operador de cambios detectados en la planta, tanto aquellos que no se consideren normales (alarmas) como cambios que se produzcan en la operación diaria de la planta (eventos). Estos cambios son almacenados en el sistema para su posterior análisis.

## 2.4 PRESTACIONES

Las prestaciones que puede ofrecernos un sistema Scada eran impensables hace una década y son las siguientes :

- Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del ordenador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- Generación de históricos de señal de planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.
- Creación de informes, avisos y documentación en general.
- Ejecución de programas, que modifican la ley de control, o incluso el programa total sobre el autómatas ( bajo unas ciertas condiciones) .
- Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador, y no sobre la del autómatas, menos especializado, etc.

Con ellas, se pueden desarrollar aplicaciones basadas en el PC, con captura de datos, análisis de señales, presentaciones en pantalla, envío de resultados a disco o impresora, control de actuadores, etc.



## 2.5 REQUISITOS

Estos son algunos de los requisitos que debe cumplir un sistema Scada para sacarle el máximo provecho:

- Deben ser sistemas de arquitecturas abiertas, capaces de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes de la empresa.
- Deben comunicarse con total facilidad y de forma transparente para el usuario con el equipo de planta (“drivers”) y con el resto de la empresa (acceso a redes locales y de gestión) .
- Los programas deberán ser sencillos de instalar, sin excesivas exigencias, y fáciles de utilizar, con interfaces amables con el usuario (sonido, imágenes, pantallas táctiles, etc. ) .

## 2.6 COMPONENTES DE HARDWARE.

Un sistema SCADA, como aplicación de *software* industrial específica, necesita ciertos componentes inherentes de hardware en su sistema, para poder tratar y gestionar la información captada.

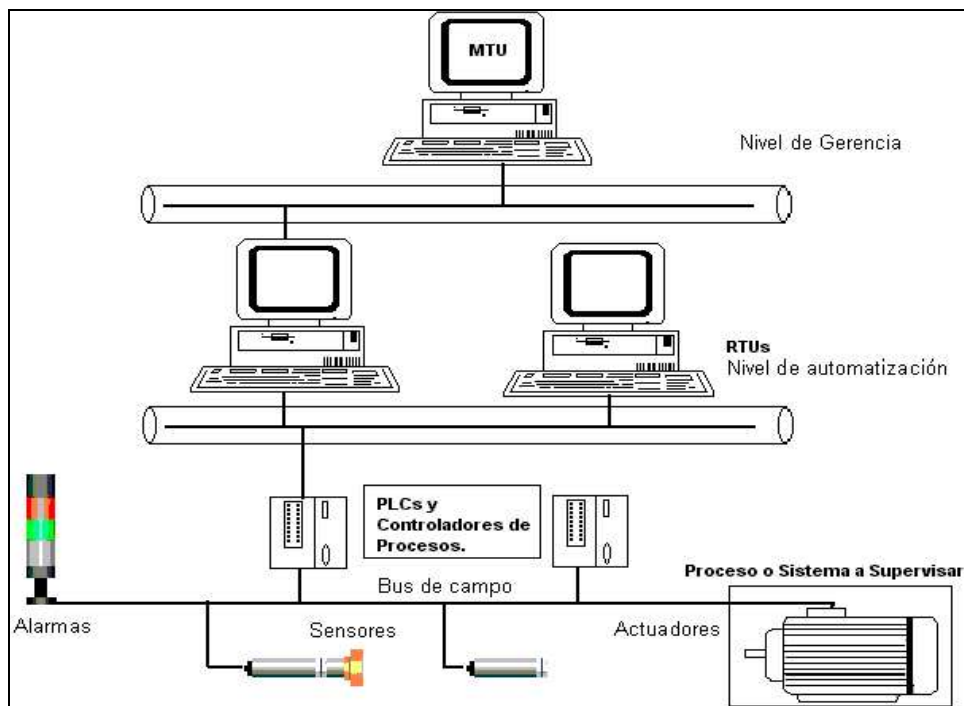


figura 1. Estructura básica de un sistema SCADA a nivel hardware

- **Ordenador Central o MTU (*Master Terminal Unit*):** Se trata del ordenador principal del sistema el cual supervisa y recoge la información del resto de las subestaciones, bien sean otros ordenadores conectados (en sistemas complejos) a los instrumentos de campo o directamente sobre dichos instrumentos. Este ordenador suele ser un PC, el cual soporta el HMI.

De esto se deriva que el sistema SCADA más sencillo es el compuesto por un único ordenador, el cual es el MTU que supervisa toda la estación.

Las funciones principales de la MTU son:

- Interroga en forma periódica a las RTU's, y les transmite consignas; siguiendo usualmente un esquema maestro-esclavo.
  - Actúa como interfase al operador, incluyendo la presentación de información de variables en tiempo real, la administración de alarmas, y la recolección y presentación de información historizada.
  - Puede ejecutar software especializado que cumple funciones específicas asociadas al proceso supervisado por el SCADA. Por ejemplo, software para detección de pérdidas en un oleoducto.
- 
- **Ordenadores Remotos o RTUs (*Remote Terminal Unit*):** Estos ordenadores están situados en los nodos estratégicos del sistema gestionando y controlando las subestaciones del sistema, reciben las señales de los sensores de campo, y comandan los elementos finales de control ejecutando el software de la aplicación SCADA.
- Se encuentran en el nivel intermedio o de automatización, a un nivel superior está el MTU y a un nivel inferior los distintos instrumentos de campo que son los que ejercen la automatización física del sistema, control y adquisición de datos.
- Estos ordenadores no tienen porque ser PCs, ya que la necesidad de soportar un HMI no es tan grande a este nivel, por lo tanto suelen ser ordenadores industriales tipo armarios de control, aunque en sistemas muy complejos pueden haber subestaciones intermedias en formato HMI.
- Una tendencia actual es la de dotar a los PLCs (en función de las E/S a gestionar) con la capacidad de funcionar como RTUs gracias a un nivel de integración mayor y CPUs con mayor potencia de cálculo. Esta solución minimiza costes en sistemas donde las subestaciones no sean muy complejas sustituyendo el ordenador industrial mucho más costoso. Un ejemplo de esto son los nuevos PLCs (adaptables a su sistema SCADA **Experion PKS(Power Knowledge System)**) de **Honeywell** o los de **Motorola MOSCAD**, de implementación mucho más genérica. (*Anexo 4.1*)

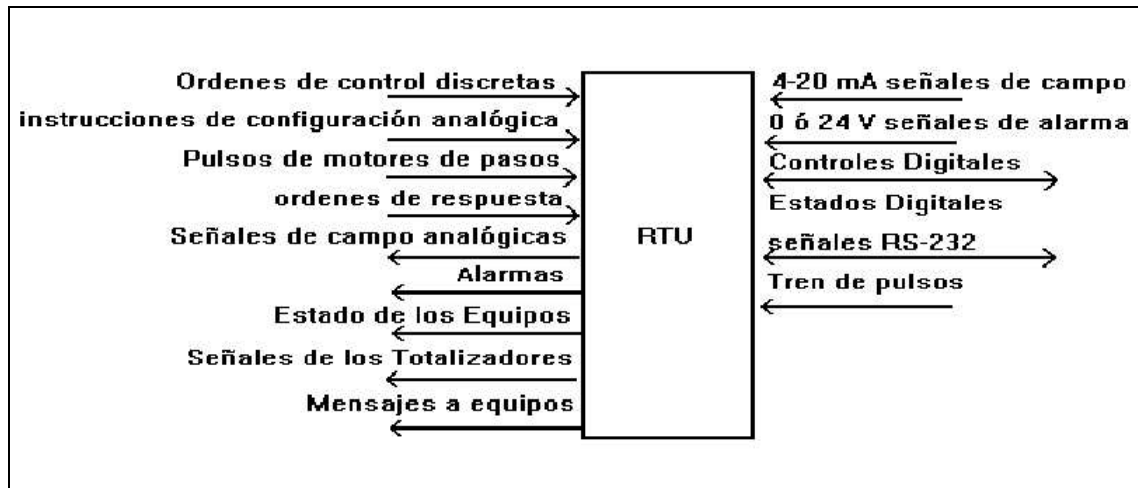


figura 2. Funciones básicas de una RTU en sistemas SCADA (Relación E/S).

- **Red de comunicación:** Éste es el nivel que gestiona la información que los instrumentos de campo envían a la red de ordenadores desde el sistema. El tipo de BUS utilizado en las comunicaciones puede ser muy variado según las necesidades del sistema y del software escogido para implementar el sistema SCADA, ya que no todos los softwares (así como los instrumentos de campo como PLCs) pueden trabajar con todos los tipos de BUS.

Hoy en día, gracias a la estandarización de las comunicaciones con los dispositivos de campo, podemos implementar un sistema SCADA sobre prácticamente cualquier tipo de BUS. Podemos encontrar SCADAs sobre formatos estándares como los RS-232, RS-422 y RS-485 a partir de los cuales, y mediante un protocolo TCP/IP, podemos conectar el sistema sobre un bus en configuración DMS ya existente; pasando por todo tipo de buses de campo industriales, hasta formas más modernas de comunicación como Bluetooth (Bus de Radio), Micro-Ondas, Satélite, Cable...

A parte del tipo de BUS, existen interfaces de comunicación especiales para la comunicación en un sistema SCADA como puede ser módems para estos sistemas que soportan los protocolos de comunicación SCADA y facilitan la implementación de la aplicación. (*Anexo4.2: módems SCADA*)

Otra característica de las comunicaciones de un sistema SCADA es que la mayoría se implementan sobre sistemas WAN de comunicaciones, es decir, los distintos terminales RTU pueden estar deslocalizados geográficamente.

- **Instrumentos de Campo:** Son todos aquellos que permiten tanto realizar la automatización o control del sistema (PLCs, controladores de procesos industriales, y actuadores en general) como los que se encargan de la captación de información del sistema (sensores y alarmas).

Una característica de los Sistemas SCADA es que sus componentes son diseñados por distintos proveedores, sin coordinación entre sí. Así, se tienen diferentes proveedores para las RTUs (incluso es posible que un sistema utilice RTUs de más de un proveedor), modems, radios, minicomputadores, software de supervisión e interfase con el operador, software de detección de pérdidas, etc..

## 2.7 COMO ELEGIR UN SISTEMA SCADA :

Para evaluar si un sistema SCADA es necesario para manejar una instalación dada, el proceso a controlar debe cumplir las siguientes características:

- El número de variables del proceso que se necesita monitorear es alto.
- El proceso está geográficamente distribuido. Esta condición no es limitativa, ya que puede instalarse un SCADA para la supervisión y control de un proceso concentrado en una localidad.
- La información del proceso se necesita en el momento en que los cambios se producen en el mismo, o en otras palabras, la información se requiere en tiempo real.

La complejidad y velocidad del proceso permiten que la mayoría de las acciones de control sean iniciadas por un operador. En caso contrario, se requerirá de un Sistema de Control Automático, el cual lo puede constituir un Sistema de Control Distribuido, PLC's, Controladores a Lazo Cerrado o una combinación de ellos.

## 2.8 IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA FUNCIONAL.

Cuando una empresa decide implementar un sistema SCADA sobre su instalación hay 5 fases básicas a tener en cuenta para llevar a cabo el proceso:

**Fase1:** El diseño de la arquitectura del sistema. Esto incluye todas las consideraciones importantes sobre el sistema de comunicaciones de la empresa (Tipo de BUS de campo, distancias, número de E/S, Protocolo del sistema y Drivers...). También se verán involucrados los tipos de dispositivos que no están presentes en la planta pero que serán necesarios para supervisar los parámetros deseados.

**Fase2:** Equipación de la empresa con los RTUs necesarios, comunicaciones, Equipos HMI y Hardware en general. Adquisición de un paquete software SCADA adecuado a la arquitectura y sistemas de la planta.

**Fase3:** La instalación del equipo de comunicación y el sistema PC.

**Fase4:** Programación, tanto del equipamiento de comunicaciones como de los equipos HMI y software SCADA.

**Fase5:** Testeo del sistema o puesta a punto, durante el cual los problemas de programación en comunicaciones como en el software SCADA son solucionados.

## 2.9 SOFTWARES SCADA Y PRINCIPALES PRODUCTOS COMERCIALES.

Para obtener las características y prestaciones propias de un sistema SCADA, su software debe presentar las siguientes funciones:

- Manejo del soporte o canal de comunicación.
- Manejo de uno o varios protocolos de comunicación (Drive)
- Manejo y actualización de una Base de Datos
- Administración de alarmas (Eventos)
- Generación de archivos históricos.
- Interfaces con el operador (MMI - Man Machine Inteface)
- Capacidad de programación (Visual Basic, C)
- Transferencia dinámica de datos (DDE)
- Conexión a redes
- Debe tener capacidad para comunicarse con múltiples redes de instrumentos, aun siendo de distinta procedencia y fabricantes (standard IEC 1131.3).

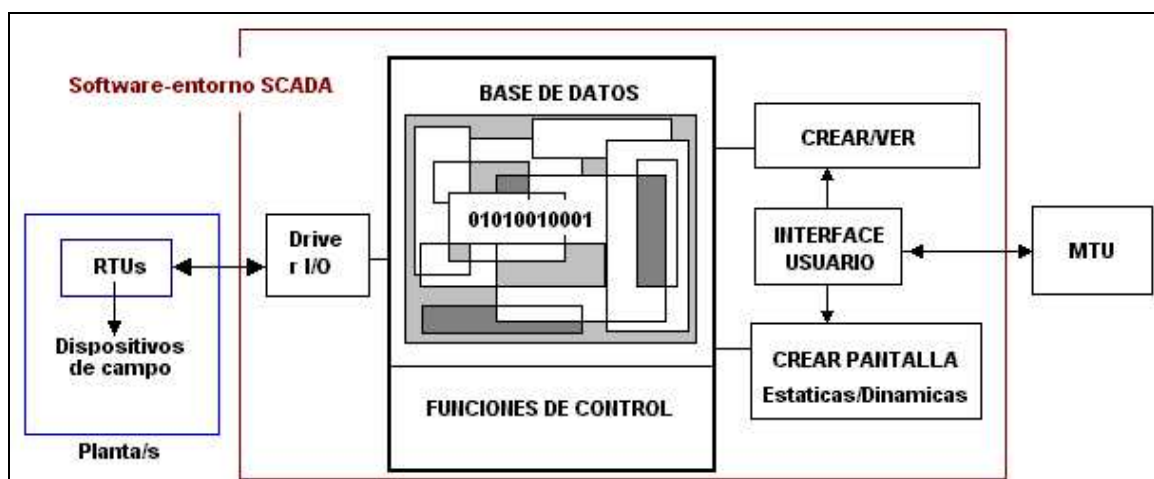


figura 3. Entorno de un software SCADA

A continuación exponemos los principales softwares scada que podemos encontrar en el mercado así como los fabricantes y distribuidores en nuestro país. En algunos casos no tan solo proporcionan una solución puramente SCADA sino que incluyen el registro y gestión de datos sobre software MES(Manufacturing Execution System) para explotación de datos de fabricación. Este tipo de integración de software MES en un sistema SCADA es una solución cada vez más demandada por los usuarios. [3]

<b>Nombre del Producto:</b>	<b>Distribuidor(y fabricante)/Fabricante:</b>
<b>Aimax:</b>	Design Instruments, S.A. (T.A. Engineering)
<b>All-Done Scada:</b>	Freixas i Ros, S.L.
<b>Automainge:</b>	Automainge
<b>Captor:</b>	Sisteplant
<b>Checksys Objects:</b>	M2R, S.A.
<b>CIC:</b>	CJM Software, S.A.
<b>Cube:</b>	ORSI España, S.A.
<b>Cx-SuperVisor:</b>	Omron
<b>Digivis:</b>	Elsag bailey Hartmann & Braun, S.A.
<b>Experion PKS</b>	Honeywell, S.A. <i>Evolución de los anteriores TDC3000, TPS y Plantscape.</i>
<b>Factory Suite A2:</b>	Logitek, S.A./Wonderware. <i>Evolución del FactorySuite 2000.</i>
<b>Factorylink ECS y Xfactory:</b>	Tecnomatix (USDATA)
<b>Gefip:</b>	Mondragón Sistemas
<b>Genesis CE(Pocket) y 32:</b>	Aplein Ingenieros, S.A./Iconics
<b>Glassmaster Control System:</b>	Mediterranean Import Trade, S.L./Precise Control Systems
<b>GPAO-SAC:</b>	Sistemas Avanzados de Control, S.A.
<b>I/A:</b>	Foxboro
<b>iFIX 3.5:</b>	Intellution(GE Fanuc Automation). <i>Evolución del FIX DMACS 7.0 creado por: CIM(Computer Integrated Manufacturing), Fisher, Rosemount, Omron/Intellution.</i>
<b>IGSS32:</b>	AN Consult España, S.L./7-Technologies A/S (DK)
<b>Intouch:</b>	Logitek, S.A./Wonderware
<b>JUMO SVS-2000:</b>	Jumo Sercon, S.A. (D)
<b>LabVIEW DSC:</b>	National Instruments (1)
<b>NI Lookout 5.1:</b>	National Instruments
<b>Monitor Pro V7.x:</b>	AEA Technology
<b>P6008:</b>	Foxboro Scada (I)
<b>Pack-Centre:</b>	Agecontrol
<b>PCVUE 32:</b>	Rasesa Automatismos, S.L./ARC Informatique
<b>Proasis DAS-Win:</b>	Desin Instruments, S.A.
<b>Processyn:</b>	OBM de Equipos Eléctricos, S.A./Logique Industrie
<b>Pyman:</b>	Pyssa
<b>Quick SPC:</b>	Marposs, S.p.A (I)
<b>RSView32:</b>	Rockwell Automation/Rockwell Software
<b>Scada-Vs:</b>	Foxboro/Foxcada (Australia)
<b>SIMATIC(WinCC):</b>	Siemens (2)
<b>Symcont:</b>	Adasoft, S.A.
<b>SYSMAC-SCS:</b>	Omron
<b>Tactician T3500:</b>	Eurotherm España/Eurotherm Process Automation (UK)
<b>TCS01:</b>	Sistemas Eléctricos Personalizados S.L.
<b>TD-Pro:</b>	Pertegaz, S.L. (I)
<b>Test Point:</b>	Instrumentos de Medida, S.L.
<b>TQWIN:</b>	Vertex Serveis Informàtics, S.L.
<b>WizFactory:</b>	Wizcon Soft España, S.L./PC soft International, Ltd (Israel)

tabla 4. Fabricantes y distribuidores de los softwares scada

(1): LabVIEW DSC (Datalogging and Supervisory Control) es una aplicación LabVIEW para la implementación de sistemas SCADA. Por lo tanto, no se trata de un software SCADA propiamente dicho, pero dada la adaptabilidad de este paquete LabVIEW a este tipo de sistemas lo incluimos como tal.

(2): SIMATIC es un paquete de conjuntos de programas SCADA/HMI que incluyen distintos rangos de adquisición y supervisión de sistemas adaptándose a las necesidades del sistema. Es el paquete SIMATIC WinCC el que ofrece mayores niveles de integración en la industria.

## 2.10 ESTRUCTURA Y COMPONENTES DE UN SOFTWARE SCADA

Los módulos o bloques software que permiten las actividades de adquisición, supervisión y control son los siguientes:

- **Configuración:** permite al usuario definir el entorno de trabajo de su aplicación según la disposición de pantallas requerida y los niveles de acceso para los distintos usuarios.

Dentro del módulo de configuración el usuario define las pantallas gráficas o de texto que va a utilizar, importándolas desde otra aplicación o generándolas desde el propio SCADA. Para ello, se incorpora un editor gráfico que permite dibujar a nivel de píxel (punto de pantalla) o utilizar elementos estándar disponibles, líneas, círculos, textos o figuras, con funciones de edición típicas como copiar, mover, borrar, etc.

También durante la configuración se seleccionan los *drivers* de comunicación que permitirán el enlace con los elementos de campo y la conexión o no en red de estos últimos, se selecciona el puerto de comunicación sobre el ordenador y los parámetros de la misma, etc.

En algunos sistemas es también en la configuración donde se indican las variables que después se van a visualizar, procesar o controlar, en forma de lista o tabla donde pueden definirse a ellas y facilitar la programación posterior.

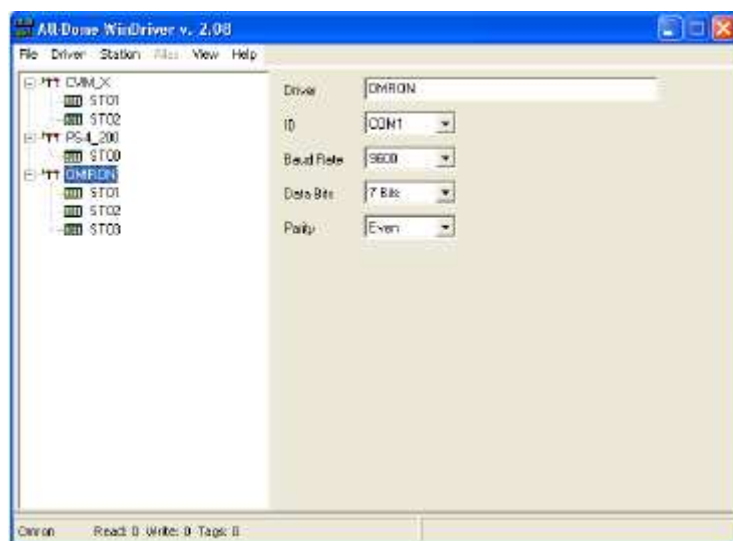


figura 5. Interfaz de configuración del SCADA All-Done

- **Interfaz gráfico del operador:** proporciona al operador las funciones de control y supervisión de la planta.

El proceso a supervisar se representa mediante sinópticos gráficos almacenados en el ordenador de proceso y generados desde el editor incorporado en el SCADA o importados desde otra aplicación de uso general (Paintbrush, DrawPerfect, AutoCAD, etc.) durante la configuración del paquete.

Los sinópticos están formados por un fondo fijo y varias zonas activas que cambian dinámicamente a diferentes formas y colores, según los valores leídos en la planta o en respuesta a las acciones del operador.

Se tienen que tener en cuenta algunas consideraciones a la hora de diseñar las pantallas:

Las pantallas deben tener apariencia consistente, con zonas diferenciadas para mostrar la planta (sinópticos), las botoneras y entradas de mando (control) y las salidas de mensajes del sistema (estados, alarmas).

La representación del proceso se realizará preferentemente mediante sinópticos que se desarrollan de izquierda a derecha.

La información presentada aparecerá sobre el elemento gráfico que la genera o soporta, y las señales de control estarán agrupadas por funciones.

La clasificación por colores ayuda a la comprensión rápida de la información. Los colores serán usados de forma consistente en toda la aplicación: si *rojo* significa peligro o alarma, y *verde* se percibe como indicación de normalidad, éste será el significado dado a estos colores en cualquier parte de la aplicación.

Previendo dificultades en la observación del color debe añadirse alguna forma de redundancia, sobre todo en los mensajes de alarma y atención: textos adicionales, símbolos gráficos dinámicos, intermitencias, etc...



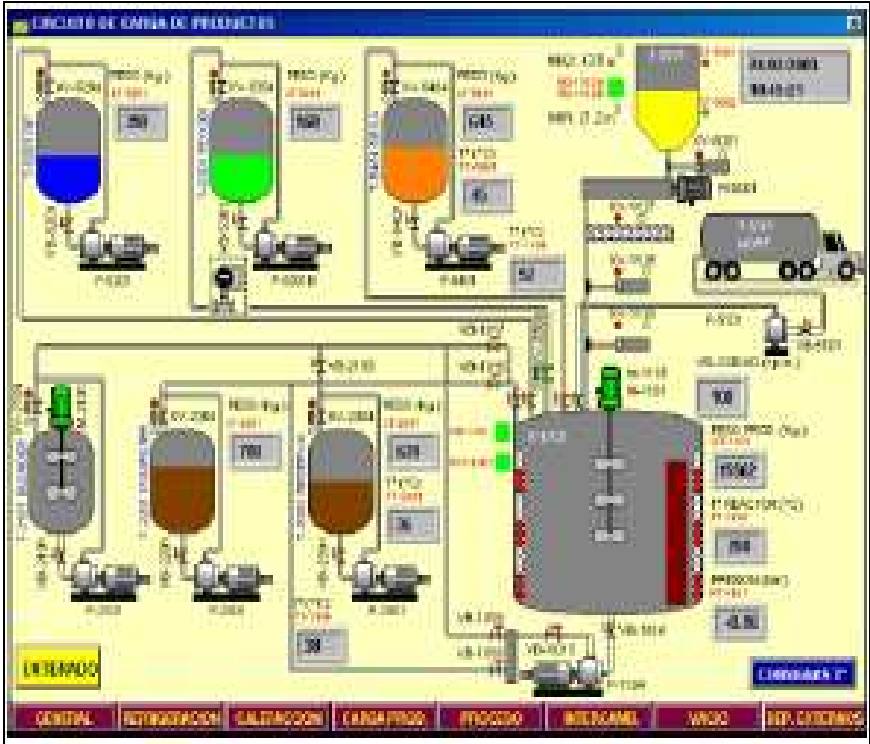


figura 6. Ejemplo de la interfaz gráfica del scada All-Done

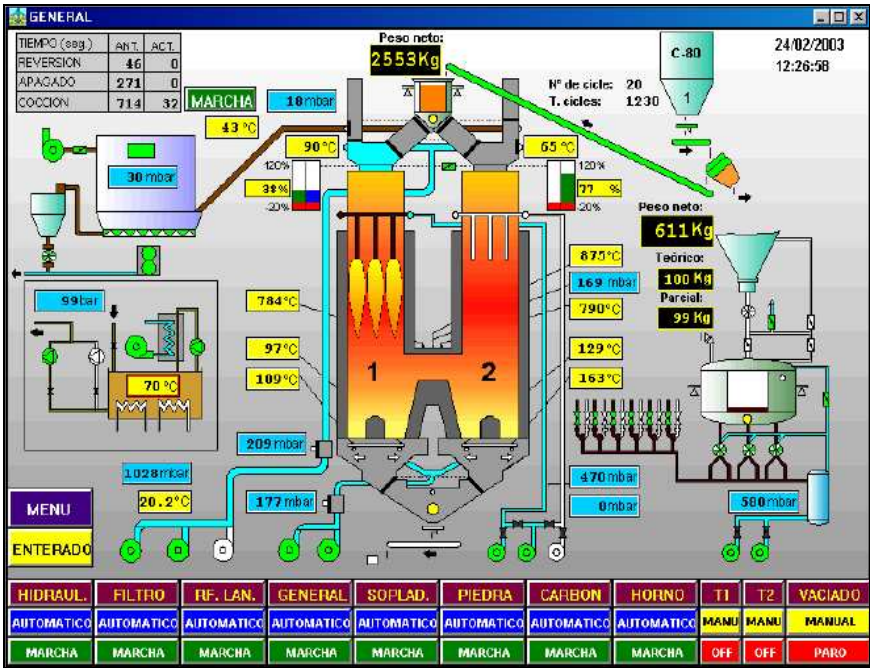


figura 7. Ejemplo de la interfaz gráfica del scada All-Done

- **Módulo de proceso:** ejecuta las acciones de mando preprogramadas a partir de los valores actuales de variables leídas.

Sobre cada pantalla se puede programar relaciones entre variables del ordenador o del autómatas que se ejecutan continuamente mientras la pantalla esté activa. La programación se realiza por medio de bloques de programa en lenguaje de alto nivel (C, Basic, etc.).

Es muy frecuente que el sistema SCADA confíe a los dispositivos de campo, principalmente autómatas, el trabajo de control directo de la planta, reservándose para sí las operaciones propias de la supervisión, como el control del proceso, análisis de tendencias, generación de históricos, etc.

Las relaciones entre variables que constituyen el programa de mando que el SCADA ejecuta de forma automática pueden ser de los tipos siguientes:

Acciones de mando automáticas preprogramadas dependiendo de valores de señales de entrada, salida o combinaciones de éstas.

Maniobras o secuencias de acciones de mando.

Animación de figuras y dibujos, asociando su forma, color, tamaño, etc., a valor actual de las variables.

Gestión de recetas, que modifican los parámetros de producción (consignas de tiempo, de conteo, estados de variables, etc.) de forma preprogramada en el tiempo o dinámicamente según la evolución de planta.

- **Gestión y archivo de datos:** Se encarga del almacenamiento y procesamiento de los datos, según formatos inteligibles para periféricos hardware (impresoras, registradores) o software (bases de datos, hojas de cálculo) del sistema, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.

Pueden seleccionarse datos de planta para ser capturados a intervalos periódicos, y almacenados con un cierto, como un registro histórico de actividad, o para ser procesados inmediatamente por alguna aplicación software para presentaciones estadísticas, análisis de calidad o mantenimiento. Esto último se consigue con un intercambio de datos dinámico entre el SCADA y el resto de aplicaciones que corren bajo el mismo sistema operativo.

Por ejemplo, el protocolo DDE de Windows permite intercambio de datos en tiempo real. Para ello, el SCADA actúa como un servidor DDE que carga variables de planta y las deja en memoria para su uso por otras aplicaciones Windows, o las lee en memoria para su propio uso después de haber sido escritas por otras aplicaciones.

Una vez procesados, los datos se presentan en forma de gráficas analógicas, histogramas, representación tridimensional, etc., que permiten después analizar la evolución global del proceso.

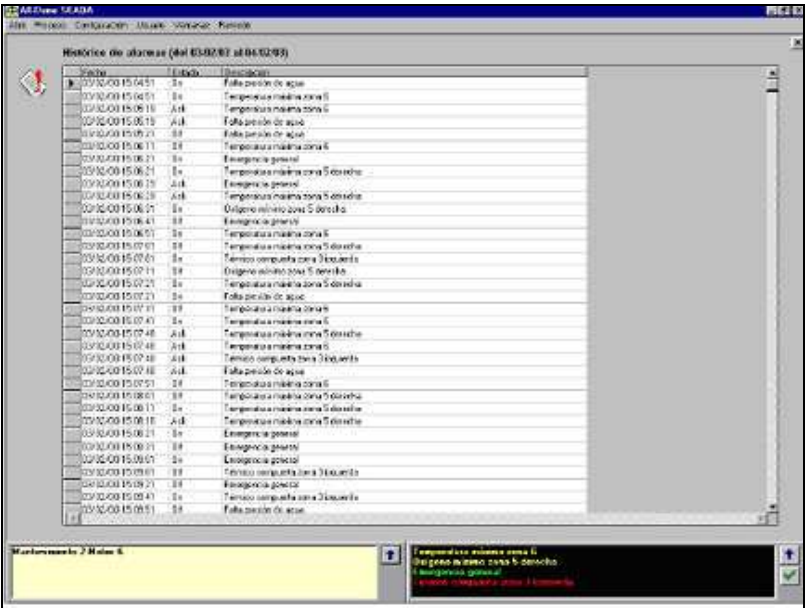


figura 8. Ejemplo de gestor de alarmas: actuales e histórico del scada All-Done

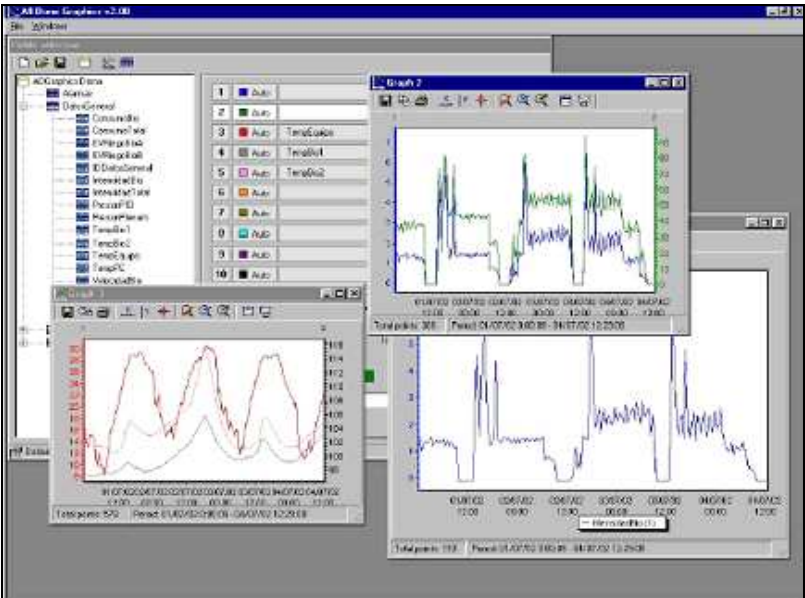


figura 9. Ejemplo de gráficas del scada All-Done

## 2.11 INTERFACES DE COMUNICACIÓN.

Es la que permite al PC MTU acceder a los dispositivos de campo, a través de los RTU. Así, la interfaz de comunicación enlazará el MTU con los distintos RTUs del sistema a través del BUS de campo.

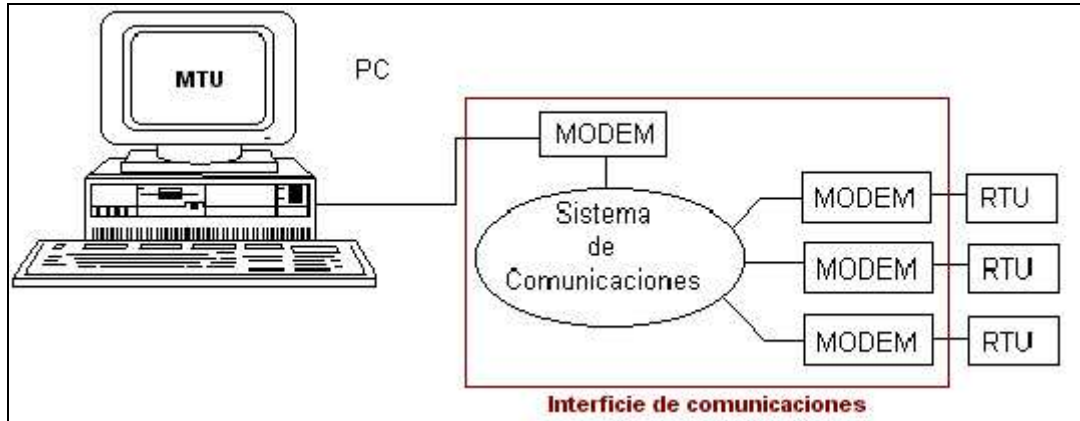


figura 10. Diagrama de conexionado informático de un sistema SCADA

La interfaz de comunicación consta de distintos elementos:

- La base del sistema de comunicación es el BUS de Campo que es el que transporta la información y las ordenes de control; éste vendrá definido en función del tamaño del sistema SCADA (número de E/S del sistema), distancias entre RTUs y/o disponibilidad del servicio público de comunicación (para sistemas SCADA de tipo red WAN en interconexión entre distintas plantas).
- Los Modems que conectan físicamente los RTUs y el MTU al BUS.
- El módulo de comunicaciones contiene los *drivers* de conexión con el resto de elementos digitales conectados, entendiendo el *driver* como un programa (software) que se encarga de la iniciación del enlace, aplicación de los formatos, ordenación de las transferencias, etc., en definitiva, de la gestión del protocolo de comunicación. Estos protocolos pueden ser abiertos (ModBus, FieldBus, Map, etc.), o propios de fabricante.

Estos drivers, propios del software SCADA, deben comunicarse con otros paquetes de software por medio de DDE (Dynamic Data Exchange) DLL (Dynamic Link Libraries) como canal de comunicación, implementados por el sistema operativo, que permite que diversos paquetes de software envíen y reciban datos comunes. Por ejemplo se puede relacionar una celda de una hoja de calculo con una variable del sistema y así variar puntos de consignas del proceso, o bien comunicación directa con los drivers de I/O de los dispositivos de campo.

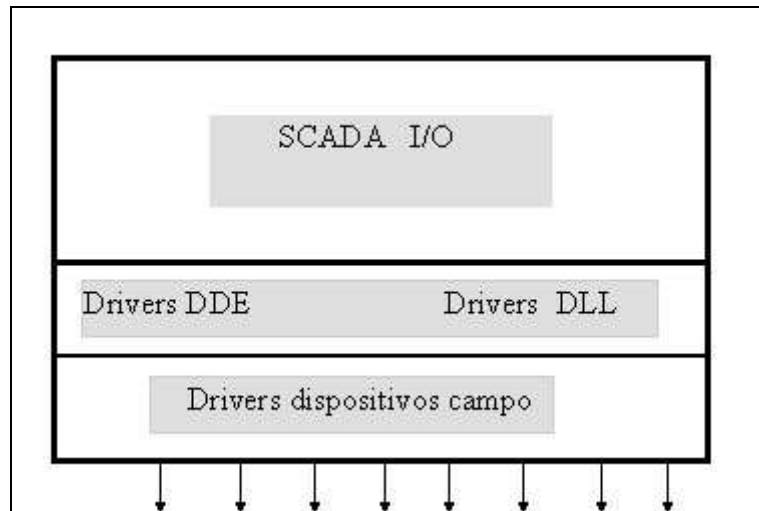


figura 11. Diagrama de la arquitectura de los drivers en un scada

Adicionalmente, y en los SCADA distribuidos en arquitecturas cliente-servidor, los módulos de comunicaciones son también los responsables del enlace entre los diferentes ordenadores de proceso que soportan la aplicación, enlace probablemente establecido sobre una red local DECnet, TCP/IP, IPX/SOX, NETBIOS, MAP/TOP, Novell, etc.

## 2.12 TECNOLOGÍAS DE INTEGRACIÓN MICROSOFT (Drivers Específicos)

- **COM/DCOM**

COM (*Component Object Model*) permite que una aplicación utilice funcionalidades de otra aplicación residente en la misma computadora, ello se hace incorporando a la aplicación principal objetos software propios de la otra aplicación. DCOM (*Distributed COM*) supone extender el estándar COM a sistemas formados por redes.

- **Visual Basic for Applications (VBA)**

VBA es el lenguaje de programación (basado en *scripts*) incorporado en las aplicaciones de Microsoft Office y ofrece diversas ventajas. Está muy extendido y es aceptado por diversos fabricantes, por lo que se va convirtiendo en un estándar "de facto" que presenta una muy buena relación entre potencia y dificultad de aprendizaje y uso. El uso de un lenguaje común también facilita la integración de objetos suministrados por terceros, en la medida que aplican este mismo estándar. Además, permite interactuar directamente con las aplicaciones de Office (Access, Excell, Word, ...), de BackOffice y de otros productos compatibles.

- **Interfaz OPC**

OPC (*OLE for Process Control*) es el estándar diseñado para comunicar sistemas y dispositivos. Esto incluye tanto las comunicaciones entre un software scada y los buses de comunicación con los autómatas, como las comunicaciones entre una aplicación scada y otras aplicaciones como puedan ser las de gestión, abriendo a estas últimas el acceso a los datos de planta, como datos históricos, datos batch, etc. Los productos OPC (Clientes y Servidores), pueden ser usados con Visual Basic y sus variantes.

Es decir, *OPC* corresponde a un conjunto de especificaciones basadas en los estándares de Microsoft (COM, DCOM, OLE Automation, y ActiveX) que cubren los requerimientos de comunicación industrial entre aplicaciones y dispositivos, especialmente en lo que se refiere a la atención al tiempo real.

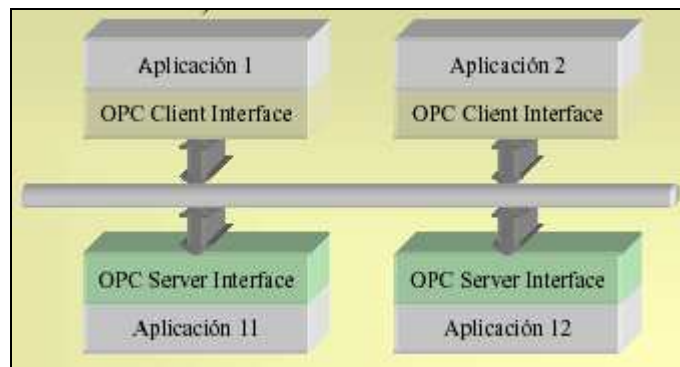


figura 12. Interfaz OPC Servidor/Cliente

Las especificaciones OPC se mantienen a través de la OPC Foundation, conjunto de especificaciones técnicas no-propietario que define un conjunto de interfaces estándar basadas en la tecnología OLE/COM de *Microsoft*. La tecnología COM permite la definición de objetos estándar así como de métodos y propiedades para los servidores de información en tiempo real. La tecnología OLE Automation posibilita comunicar las aplicaciones con datos recibidos a través de LAN, estaciones remotas o Internet.

Antes del OPC, cada software requería de un interfase específico (servidor, driver) para intercambiar datos con una determinada familia de dispositivos de campo. Y para intercambiar datos entre aplicaciones se utilizaba el estándar DDE o bien interfaces específicos para cada pareja de aplicaciones. OPC elimina esta necesidad y permite utilizar una misma operativa para comunicar aplicaciones, dispositivos y drivers. Los proveedores, tanto de hardware como de software, pueden suministrar productos con una elevada conectividad y compatibilidad, y los usuarios tienen una amplia gama de opciones para construir la solución que mejor se adapta a sus necesidades.

- **ActiveX**

Incorporar un Control ActiveX en una pantalla supone añadir un objeto con código asociado que realiza una determinada función de forma totalmente integrada dentro de la aplicación que estamos tratando, basta con establecer los enlaces necesarios entre las variables de la aplicación y las del Control ActiveX.

Un Control Active X no es un lenguaje de programación, es una pequeña pieza de software, escrita según las especificaciones COM, y tiene propiedades, métodos y eventos. Cuando Usted compra un objeto ActiveX en realidad compra una licencia para usar este objeto en su aplicación. Un objeto ActiveX puede ser el servidor o driver de un PLC como SIMATIC (Siemens). Este driver tiene propiedades para definir los datos a ser leídos desde el PLC, métodos para iniciar la lectura de los valores y eventos para informar que los datos han sido recibidos desde el PLC

Debido a que los objetos ActiveX son basados en COM, ellos pueden ser usados en cualquier aplicación que soporta COM, tal como Visual Basic, Internet Explorer, Borland Delphi, Software SCADA Genesis32 de Iconics, etc.

Existen varios objetos ActiveX que pueden comprarse independientemente para agregarlos a su aplicación SCADA basada en tecnología COM. Tenemos por ejemplo drivers para comunicación con PLC's, DCS, conectividad a bases de datos, reportes, tendencias, símbolos de instrumentos de medición, selectores, barras indicadoras, etc.

- **Conectividad remota WebServer (conexión a través de internet)**

El trabajo en un entorno Intranet es considerado normal para bastantes proveedores que incluyen funcionalidades de cliente y de servidor de Web.

Algunas de las ventajas de la utilización de Internet en los entornos scada son el ofrecimiento de una funcionalidad total, ofreciendo su operatividad a través de cualquier navegador estándar. La información en tiempo real de la planta de proceso es inmediatamente accesible para cualquier persona autorizada de la organización, esté donde esté, con el coste más bajo.



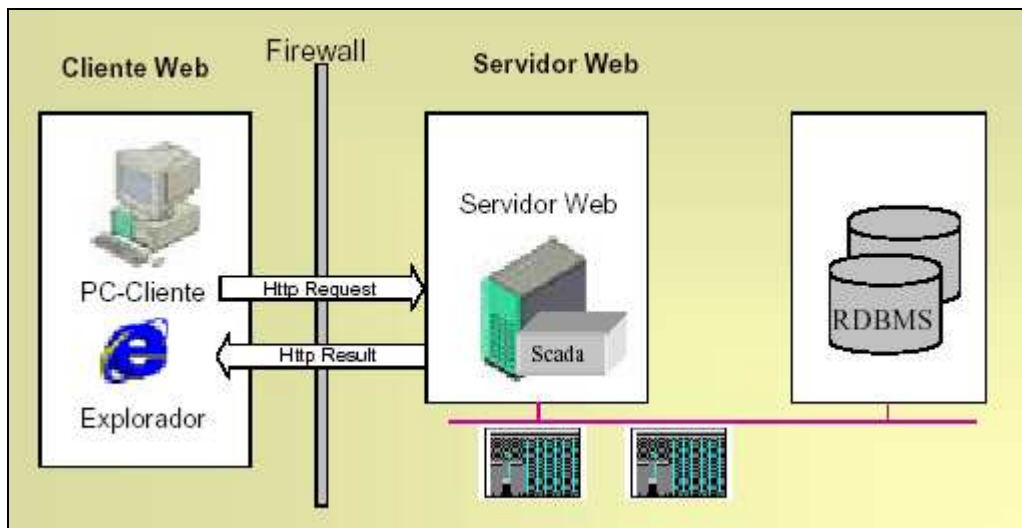


figura 13. Configuración Cliente/Servidor para Conexión Remota

Por ejemplo, mediante la herramienta *VBScript* de Visual Basic usada en el web browser de Microsoft Internet Explorer, se permite que en una aplicación INTRANET dentro de una planta, se pueda construir páginas Web usando controles ActiveX para visualizar datos de planta. Esta aplicación SCADA usa un PLC con servidor ActiveX (OPC) para adquisición de datos, gráficos dinámicos y tendencias (curvas de comportamiento de valores de procesos) basadas en ActiveX. Los usuarios ven la información en una interface amigable y usan un software modular que integra sus diversos componentes gracias a un lenguaje estándar que tiene la posibilidad de reutilizar los scripts.

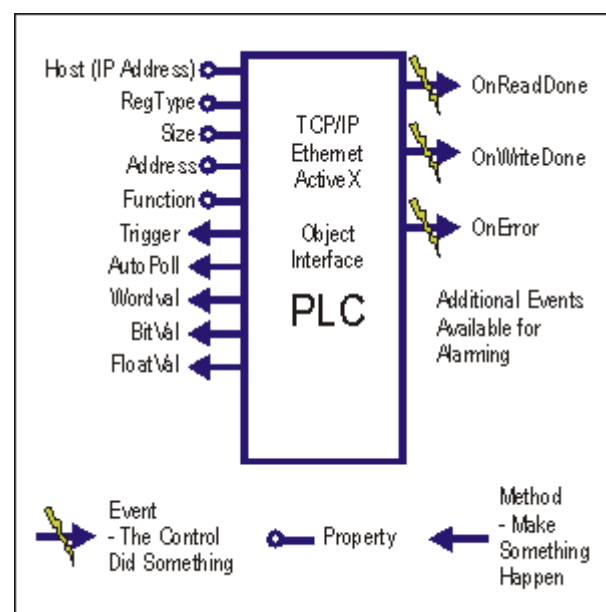
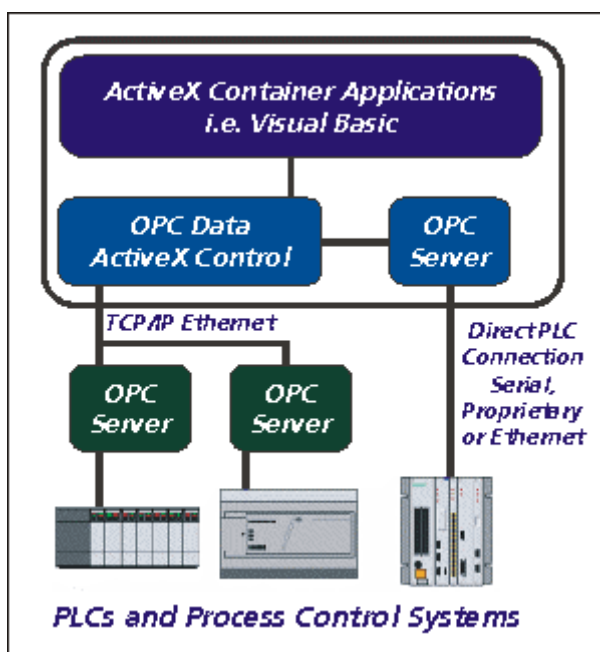


figura 13. Diagramas de la arquitectura OPC



## 2.13 EVOLUCIÓN DEL SOFTWARE SCADA

En los últimos años ha existido una evolución de los productos software de supervisión y control para PC (scada) orientada a ampliar su campo de aplicación. De una supervisión y control iniciales a nivel de máquina o de proceso se ha pasado a una supervisión y control a nivel de planta. De una adquisición y registro de datos orientada a un control de proceso o de línea se ha ampliado su utilidad a proveer información en tiempo real del estado de la planta o de la fábrica.

El software orientado inicialmente a supervisión y control de proceso (máquina, proceso y línea) fue aprovechado para ampliar su utilidad a la supervisión y control de la producción. La adopción de forma generalizada de los estándares COM/DCOM, Active X, OPC y ODBC, entre otros, por parte de la gran mayoría de proveedores facilitaba que los datos adquiridos mediante la aplicación scada estuvieran disponibles para otras aplicaciones como gestión de almacenes, ERP, etc.

Una de las demandas más generalizadas y, al mismo tiempo, una de las más críticas, es la capacidad de efectuar consultas trabajando con datos procedentes de diferentes fuentes: de diferentes aplicaciones (scada, ERP, etc.) o de bases de datos distintas y ubicadas en diferentes puntos del sistema. Disponer del conjunto de drivers necesario para intercomunicar los diversos componentes de la solución completa, configurarlos y activarlos de forma transparente, es un elemento esencial para disponer de una integración efectiva.

Actualmente, diversos proveedores ofrecen módulos específicos orientados al almacenamiento de grandes cantidades de datos, así como servidores de datos capaces de atender consultas de grandes cantidades de datos y que implican tanto a datos recogidos de proceso como a datos almacenados en otras bases de datos, y aptos para servir a múltiples usuarios, conectados a una red para la gestión y el control de la fábrica.

Por su naturaleza, estos módulos pueden llegar a constituir aplicaciones aptas para trabajar con scadas de otros fabricantes, servidores de datos históricos y servidores de datos integrados (procedentes de diferentes bases de datos o aplicaciones pero interrelacionados). Entre estos productos podemos citar: IndustrialSQL Server de *Wonderware*, RSSql de *Rockwell Software*, historian de GE *Fanuc-Intellution*, etc.

Una de las necesidades del resultado de esta ampliación del entorno de aplicación ha sido la necesidad de disponer de herramientas cómodas, simples y potentes para la generación de interfaces de usuario que les permita acceder a la información que es de su interés. Dado que el entorno físico donde se ubican estos usuarios también se amplía, el medio generalizado de comunicación es Internet y la aplicación más común es cualquiera de los navegadores más difundidos.

Por otra parte, es conveniente disponer de herramientas que ofrezcan a cualquier usuario la posibilidad de diseñar y configurar una web específica que les permita dialogar con el sistema de información y obtener los datos necesarios. Un ejemplo de este tipo de aplicación es el infoAgent de GE Fanuc-Intellution, un software de edición, configuración y activación de portales de Internet que proporciona un servidor y admite múltiples clientes.

### **Tendencias:**

La madurez de los productos software para la adquisición y registro de datos en tiempo real y la supervisión y control de procesos ofrecen una evolución en los siguientes ámbitos:

- Su integración en entornos completos para la gestión del negocio disponiendo de información de planta en tiempo real, control y tratamiento de datos, y supervisión y gestión global de la empresa. La existencia de aplicaciones MES, los servidores de datos y los servidores de web son una prueba de ello.
- En el tratamiento de los datos adquiridos en planta por parte de sistemas expertos que ofrecen funcionalidades de detección y diagnóstico de fallos. Son evidentes las ventajas que supone disponer de un sistema experto que, a partir de los datos adquiridos de planta tanto en proceso continuo como discontinuo, pueda aplicar un conjunto de reglas que ayude al personal de operación en planta a detectar los fallos o situaciones delicadas y a tener una diagnosis de las causas que lo provocan, así como conocer cuál es la correcta actuación a seguir.
- La mejora de las interfaces con el usuario con el empleo de entornos gráficos de alta calidad, la incorporación de elementos multimedia de audio y vídeo, la mejora de los sistemas operativos para incrementar las velocidades de respuesta, el empleo de software orientado a objeto, con diálogos conversacionales con programador y usuario, etc., todo ello soportado por un hardware cada vez más compacto, fiable, potente, de mayor ancho de bus y más rápido.

## 2.14 EJEMPLO DE APLICACIÓN SCADA

El siguiente ejemplo se ha extraído de la página web especificada a continuación, URL:

[www.cea-ifac.es/actividades/jornadas/XXIII/documentos/ja02\\_052.pdf](http://www.cea-ifac.es/actividades/jornadas/XXIII/documentos/ja02_052.pdf)

### Introducción

El Área de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad de la Rioja ha abordado la realización de una aplicación informática que, utilizando equipos y programas ya implantados en el entorno industrial, facilite el acceso a las técnicas de monitorización y control de los procesos industriales presentes en el entorno.

### Elementos de partida

Como elemento de partida para el desarrollo de la aplicación se ha utilizado la Célula Flexible de Fabricación de la que dispone la Universidad de la Rioja (figura 14) dado que incorpora equipos y técnicas de control adecuadas y actualizadas para el objeto pretendido.



figura 14. Imagen general

La Célula efectúa el ensamblaje automático de un conjunto de piezas. La tecnología introducida en la Célula Flexible de Fabricación desarrollada podemos agruparla en:

- **Robótica:** Robots antropomórfico y cartesiano.
- **Neumática:** Cilindros lineales y de giro, pinzas neumáticas, control de vacío.
- **Hidráulica:** Prensa hidráulica, control proporcional hidráulico.
- **Control de posición:** Control de ejes, servomotores.
- **Autómatas programables:** Simatic S7.
- **Comunicación Industrial:** Profibus DP.
- **Interfaces Hombre- Máquina:** Terminales de operador, pupitres de mando.

- **Logística:** Control de almacén, programa de fabricación.
- **Regulación:** De temperatura, de fuerza, de presión.
- **Sensórica.**
- **Visión artificial.**

### **Elementos de control y monitorización**

Para facilitar el acceso de los alumnos y para permitir el estudio de las técnicas de monitorización de procesos se decidió incorporar a la misma un paquete de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (Scada) que tuviera acceso a todos los equipos de la Célula y se incluyeron paneles gráficos de operador en aquellas estaciones en las que solamente existían pupitres de mando.

A la hora de seleccionar los elementos a utilizar se determinó interesante continuar la línea de equipos que existían en la Célula Flexible existente, esto es equipos del fabricante Siemens. La selección de estos equipos facilitaba la integración de los mismos en la red de comunicación Profibus existente y permitía una mayor homogeneidad a la hora de realizar las actividades docentes.

Con estos requisitos se adquirió:

- Paquete SCADA WinnCC de Siemens

### **Control y monitorización mediante PC**

Se ha incorporado un Ordenador Personal (PC) como equipo fundamental para el control y monitorización de la Célula de Fabricación Flexible. Para realizar la comunicación entre el ordenador sobre el que corre la aplicación creada y el propio proceso se hace necesaria la posesión de una tarjeta de comunicación que permita conectar el equipo a la red Profibus existente, para ello se ha seleccionado la tarjeta CP 5412 (A2) de Siemens.

Esta tarjeta de comunicaciones CP 5412 (A2) es una tarjeta compatible para ordenadores con tecnología IBM-AT y requiere un slot libre del bus ISA de 16 bits. La tarjeta CP 5412 (A2) es del tipo Plug&Play, por lo que su configuración se realiza automáticamente al reiniciar el ordenador.

De esta forma, el ordenador actúa como un elemento más de la red de comunicaciones de la Célula pudiendo intercambiar datos con los demás elementos.

### **Estructura de la aplicación SCADA**

Se ha desarrollado una aplicación SCADA mediante la herramienta de Software WinCC de Siemens. Las características más importantes de la aplicación desarrollada son:

- Para la creación de la aplicación se han confeccionado un total de 68 pantallas WinCC,

- El planteamiento de las pantallas se ha hecho de forma que el usuario que esté trabajando sobre los propios paneles de control de la célula no note diferencia alguna cuando pase a trabajar con la aplicación desarrollada.

## Desarrollo de la aplicación SCADA

A continuación pasamos a describir la funcionalidad de algunas de las 68 pantallas desarrolladas.

- **Pantallas de Selección:** La aplicación se ordena entorno a 2 pantallas de selección. Cada una de ellas contiene 9 accesos directos a diferentes pantallas principales de la aplicación (figura 15).



figura 15. Primera pantalla de selección

- **Paneles de control:** Se han creado 4 pantallas que reflejan los paneles de control existentes en la célula de fabricación flexible (figura 16).

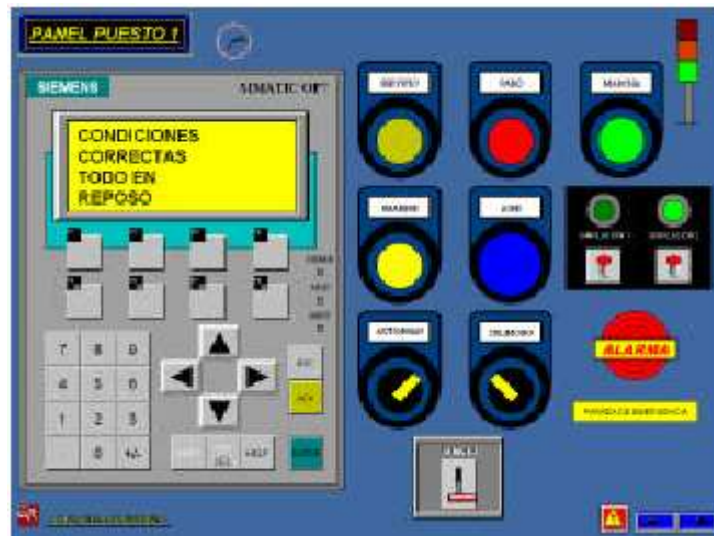


figura 16. Panel de control puesto 1

- **Procesos:** Se han creado 5 pantallas que reflejan el proceso que se está llevando a cabo en la célula en sus diferentes puestos, mostrando todos los elementos susceptibles de calibración o programación, permitiendo el acceso a los mismos y con ayudas para facilitar su comprensión por parte del alumno (figura 17).



figura 17. Proceso del puesto 3

- **Equipos de control:** Se han creado 5 Pantallas que muestran cada uno de los autómatas y módulos de periferia descentralizada utilizados para el control de la célula, visualizando el estado de sus entradas y salidas así como el estado de los mismos. Se está trabajando en facilitar el acceso a la programación de los mismos desde este entorno (figura 18).



figura 18. Estado del equipo del puesto 3

- **Red de comunicaciones:** Una pantalla muestra la posición de cada uno de los autómatas y de los módulos de periferia descentralizada en la red PROFIBUS a través de la cual se comunican todos ellos.

El alumno puede obtener también los datos de la configuración de la red e información sobre su estado (figura 19).

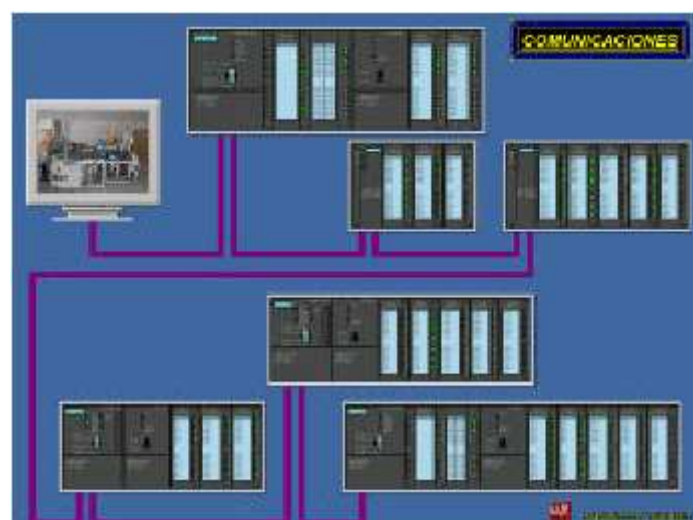


figura 19. Estructura de la red de comunicaciones

- **Pantalla de alarmas:** Una pantalla destinada a mostrar todos los avisos de alarma que se den en todos aquellos equipos incluidos en la célula (figura 20).



ID	Fecha	Hora	Descripción	Estado
1	10/02/01	00:00:00	1. Alarmas	00
2	10/02/01	00:00:00	2. Alarmas	00
3	10/02/01	00:00:00	3. Alarmas	00
4	10/02/01	00:00:00	4. Alarmas	00
5	10/02/01	00:00:00	5. Alarmas	00
6	10/02/01	00:00:00	6. Alarmas	00
7	10/02/01	00:00:00	7. Alarmas	00
8	10/02/01	00:00:00	8. Alarmas	00
9	10/02/01	00:00:00	9. Alarmas	00
10	10/02/01	00:00:00	10. Alarmas	00
11	10/02/01	00:00:00	11. Alarmas	00
12	10/02/01	00:00:00	12. Alarmas	00
13	10/02/01	00:00:00	13. Alarmas	00
14	10/02/01	00:00:00	14. Alarmas	00
15	10/02/01	00:00:00	15. Alarmas	00
16	10/02/01	00:00:00	16. Alarmas	00
17	10/02/01	00:00:00	17. Alarmas	00
18	10/02/01	00:00:00	18. Alarmas	00
19	10/02/01	00:00:00	19. Alarmas	00
20	10/02/01	00:00:00	20. Alarmas	00
21	10/02/01	00:00:00	21. Alarmas	00
22	10/02/01	00:00:00	22. Alarmas	00
23	10/02/01	00:00:00	23. Alarmas	00
24	10/02/01	00:00:00	24. Alarmas	00
25	10/02/01	00:00:00	25. Alarmas	00
26	10/02/01	00:00:00	26. Alarmas	00
27	10/02/01	00:00:00	27. Alarmas	00
28	10/02/01	00:00:00	28. Alarmas	00
29	10/02/01	00:00:00	29. Alarmas	00
30	10/02/01	00:00:00	30. Alarmas	00
31	10/02/01	00:00:00	31. Alarmas	00
32	10/02/01	00:00:00	32. Alarmas	00
33	10/02/01	00:00:00	33. Alarmas	00
34	10/02/01	00:00:00	34. Alarmas	00
35	10/02/01	00:00:00	35. Alarmas	00
36	10/02/01	00:00:00	36. Alarmas	00
37	10/02/01	00:00:00	37. Alarmas	00
38	10/02/01	00:00:00	38. Alarmas	00
39	10/02/01	00:00:00	39. Alarmas	00
40	10/02/01	00:00:00	40. Alarmas	00
41	10/02/01	00:00:00	41. Alarmas	00
42	10/02/01	00:00:00	42. Alarmas	00
43	10/02/01	00:00:00	43. Alarmas	00
44	10/02/01	00:00:00	44. Alarmas	00
45	10/02/01	00:00:00	45. Alarmas	00
46	10/02/01	00:00:00	46. Alarmas	00
47	10/02/01	00:00:00	47. Alarmas	00
48	10/02/01	00:00:00	48. Alarmas	00
49	10/02/01	00:00:00	49. Alarmas	00
50	10/02/01	00:00:00	50. Alarmas	00
51	10/02/01	00:00:00	51. Alarmas	00
52	10/02/01	00:00:00	52. Alarmas	00
53	10/02/01	00:00:00	53. Alarmas	00
54	10/02/01	00:00:00	54. Alarmas	00
55	10/02/01	00:00:00	55. Alarmas	00
56	10/02/01	00:00:00	56. Alarmas	00
57	10/02/01	00:00:00	57. Alarmas	00
58	10/02/01	00:00:00	58. Alarmas	00
59	10/02/01	00:00:00	59. Alarmas	00
60	10/02/01	00:00:00	60. Alarmas	00
61	10/02/01	00:00:00	61. Alarmas	00
62	10/02/01	00:00:00	62. Alarmas	00
63	10/02/01	00:00:00	63. Alarmas	00
64	10/02/01	00:00:00	64. Alarmas	00
65	10/02/01	00:00:00	65. Alarmas	00
66	10/02/01	00:00:00	66. Alarmas	00
67	10/02/01	00:00:00	67. Alarmas	00
68	10/02/01	00:00:00	68. Alarmas	00

figura 20. Pantallas de alarmas

- **Pantalla de tendencias:** Una pantalla en la que se visualizan una serie de gráficas de evolución de aquellas variables presentes en el equipo (figura 21).

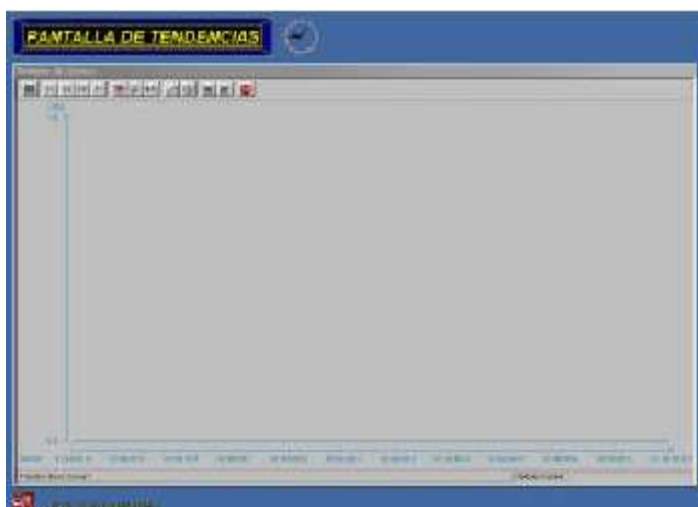


figura 21. Pantalla de tendencias

El resto de pantallas que suman el total de 68 se han creado con la finalidad de completar las anteriores ya mencionadas en forma de pantallas emergentes.



## 2.15 TABLA COMPARATIVA

En la siguiente tabla podemos encontrar una comparativa entre los software SCADA más importantes actualmente existentes en el mercado (CX-Supervisor, All-Done, Intouch, Win CC y Vijeo Look).

En ella podemos observar cómo el lenguaje de programación más utilizado frente a los propios de cada sistema es el Visual Basic, ya que permite una mayor integración mediante la tecnología ofertada por Microsoft y así poder aprovechar al máximo sus posibilidades. De este manera, queda justificable que todos los sistemas a continuación expuestos utilizan la tecnología OPC Cliente-Servidor para la adquisición de datos.

A modo de diferenciación entre unos sistemas y otros, las características que comportan más relevancia son los drivers utilizados para la conexión con el PLC, el nº de variables del proceso, la estructura sobre la que recorre el sistema, la comunicación con el PLC,....

Software	CX-Supervisor	All-Done	InTouch	Vijeo Look	Win CC
<b>Subministrador/Fabricante</b>	Omron/Omron (UK)	Freixas i Ros, S.L./Freixas i Ros, S.L.(E)	Logitec, S.A./Wonderware (USA)	Schneider Electric/Schneider Electric (F)	Siemens/Siemens
<b>Requisitos recomendados del sistema</b>	Windows 2000/NT 4.0 (Service Pack 5) IBM PC o compatible (200Mhz pentium o superior) Espacio libre de disco duro 100MB 128MB RAM Tarjeta SVGA 1024x768	Windows 2000/XP Profesional Intel Pentium III/IV, AMD Athlon Disco duro 20GB, 128MB RAM Tarjeta SVGA 1024x768 de resolución	Windows 2000/XP Profesional Intel Pentium III o superior Espacio libre de disco duro 2GB 512MB RAM	Windows 2000/XP Profesional procesador: Celeron 500Mhz...1.8Ghz RAM: 256MB,,,1024MB Espacio libre del disco duro 4GB SVGA 1024x768 de resolución	Windows 95/98 i Windows NT4.0/2000 de microsoft CPU INTEL Pentium II 400 MHz RAM 128MB Resolución 1024 x 768 Espacio disponible: > 500 MB
<b>Drivers para PLC's</b>	OMRON: todo los PLC's	OMRON: Sysmac seric C MOELLER: PS4-200 SIEMENS: simatic S5,S7-200/300/400 TELEMECANIQUE: unitelway otros ...	ALLEN-BRADLEY SIEMENS MODICON OPTO 22 SQUARE D OMRON altres...	TELEMECANIQUE AEG MODICON MODICON SQUARE D	SIMATIC ALLEN-BRADLEY MITSUBISHI FETELEMECANIQUE UNI-TELWAY GE- FANUC MODICON OMRON serie C otros...
<b>Lenguajes de programación</b>	Visual Basic/Java	Visual Basic	propio (basado en C)	VBA (Visual Basic for Application)	Visual Basic C ANSI-C
<b>Precio (euros)</b>	600	1000-4000	/	/	/
<b>Control de usuarios</b>	si	si	si	si	si
<b>nº variables</b>	ilimitado	ilimitado	64-64k	128, 512 ó 1024	128, 256, 1024 ó 64k
<b>comunicación entre módulos PC</b>	/	UDP/Ethernet	Ethernet	/	TCP/IP NetBEUI
<b>estructura</b>	un único PC o varios PC's en multitasca	varios PC's en multitasca	un único PC o varios PC's en multitasca	un único PC	varios PC's en multitasca
<b>gestión de alarmas</b>	si	si	si	si	si
<b>comunicación con PLC</b>	RS-232C RS-422 Ethernet	UDP sobre Ethernet	DEVICE-Net PPI/MPI Profibus RS-232, RS-485	Uni-Telway o Modbus sobre RS-232 o RS-485; TCP/IP sobre Ethernet	Profibus TCP/IP Bus-SIPART Canal-DLL Modbus
<b>adquisición de datos</b>	cliente OPC	OPC Servidor/Cliente	OPC Servidor/Cliente	OPC Factory Server (OFS)	OPC Servidor/Cliente
<b>bases de datos</b>	MS-Access SQL SERVER ODBC paraORACLE	MDB	Servidor SQL MDSE	Access 2000 MSDE	Sybase SQL
<b>intercambio de datos en el PC</b>	automatitzación OLE controles ACTIVE-X comunicaciones DDE ADO (Active Data Object)	controles ACTIVE-X DBE	controles ACTIVE_X comunicaciones DDE	controles ACTIVE_X	controles ACTIVE_X aplicaciones OLE i CUSTOM

### 3. PARTE APLICADA

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS DEL PLC CPM1

Autómatas con E/S integradas. Este modelo de CPU dispone de 20 terminales de E/S. Ampliables mediante la posibilidad de conexión de unidad expansora.

Dispone de 20 puntos de E/S distribuidos de la siguiente manera :

- De los 20 puntos, 12 puntos son de entrada ( de la 00000 a la 00011 ) y 8 de salida ( de la 01000 a la 01007 ).

Dispone de 4 entradas de interrupción, las cuales se pueden dividir en dos tipos :

- Modo de interrupción de entrada
- Modo de contador.

Cualquier ordenador personal puede conectarse al CPM1 a través de los adaptadores RS-232 y RS-422.

Alta velocidad de comunicación garantizada utilizando los terminales de la familia NT de OMRON.

Se programa igual que los demás autómatas OMRON de alto nivel.

#### 3.2 EJEMPLO DE APLICACIÓN

Nuestro ejemplo de aplicación se basa en una instalación mezcladora que tiene dos depósitos los cuales contienen dos productos *A* y *B* que se vacían alternadamente sobre un recipiente *C* que hace de báscula, así podemos seleccionar la cantidad de cada uno de los productos que pasará a mezclarse.

El mezclador *M* permite obtener la mezcla formada por estos dos productos gracias a la rotación de una hélice.

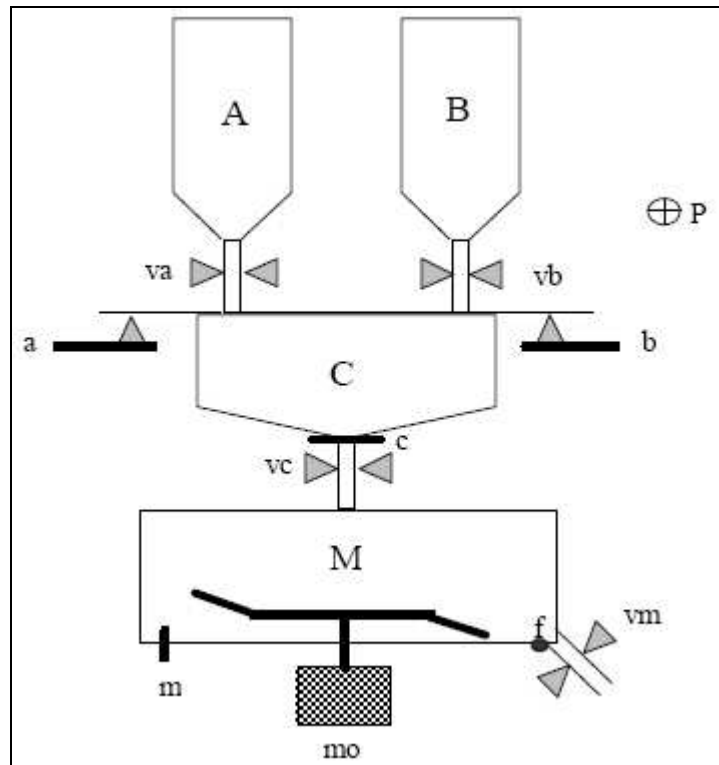


figura 21. Esquema gráfico del proceso

La orden de inicio la dará un operario apretando un pulsador  $P$  siempre y cuando las condiciones iniciales sean ciertas ( $C$  y  $M$  vacíos).

Entonces, pesamos la cantidad de producto  $A$  (abriendo la válvula  $va$ ) en  $C$  (hasta llegar al peso deseado, dato obtenido mediante el sensor  $a$ ) e inmediatamente volcada al mezclador a través de la válvula  $vc$  hasta que el recipiente  $C$  quede vacío (dato obtenido con el sensor  $c$ ).

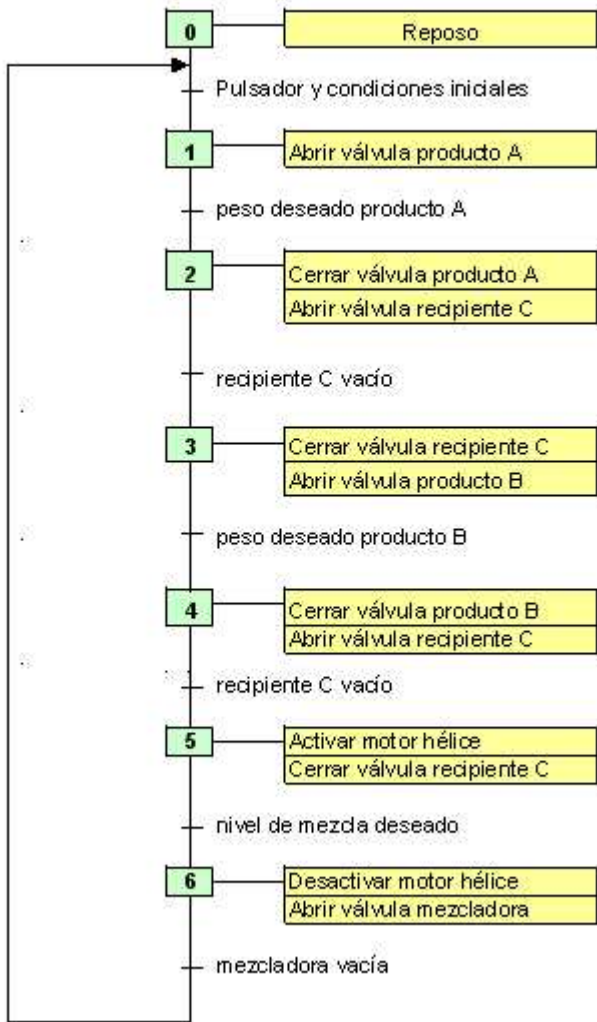
De igual manera, pesamos la cantidad de producto  $B$  (abriendo la válvula  $vb$ ) en  $C$  (hasta llegar al peso deseado, dato obtenido mediante el sensor  $c$ ) e inmediatamente volcada al mezclador a través de la válvula  $vc$  hasta que el recipiente  $C$  quede vacío (dato obtenido con el sensor  $c$ ).

Seguidamente se activa el motor de la hélice ( $mo$ ), el producto  $A$  y el producto  $B$  son mezclados hasta llegar al nivel de mezcla deseado, indicado por el sensor  $m$ .

Finalmente vaciaremos el contenido del mezclador  $M$  a través de la válvula  $vm$  hasta que éste quede vacío, indicado por el sensor  $f$ .

A continuación, podemos observar el graficet de nivel I realizado a partir de las especificaciones del proceso. En este primer nivel de graficet se describe de forma global el proceso para poder ver rápidamente sus funciones. Por lo tanto, no será más que la estructura de unas especificaciones funcionales, en las cuáles no habrá ninguna referencia tecnológica.

GRAFICET DE NIVEL 1



### 3.3 PROGRAMACIÓN MEDIANTE CX-PROGRAMMER

CX-Programmer es el programador de los autómatas programables de Omron. Permite programar todos los modelos, desde micro-PLC hasta la nueva serie CS de gama alta. Además de un entorno de programación exhaustivo, CX-Programmer proporciona todas las herramientas necesarias para proyectar, probar y depurar cualquier sistema de automatización.

#### Configuración y creación de un nuevo proyecto

Para crear un nuevo proyecto, antes de utilizar la programación es necesario seleccionar un PLC y una red de comunicación. Por tanto, después de realizar las conexiones hay que comprobar el correcto funcionamiento de la comunicación entre PC y PLC.

La comunicación entre PC y PLC funciona a partir de **Archivo/Nuevo**

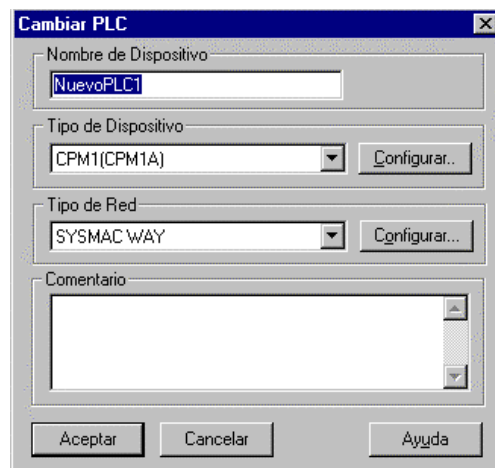


figura 22. Ventana de proyecto nuevo

- Como *Nombre de Dispositivo* se elige el nombre que se quiera dar al PLC (elegido por el usuario).
- En *Tipo de Dispositivo* se especifica el modelo de PLC. En nuestro seleccionaremos la familia de autómatas CPM1(CMP1A). Y en **Configurar...** se selecciona el modelo particular de esta familia. Así, tal y como se ha definido anteriormente seleccionaremos en *Tipo de CPU* una CPU de 20 E/S.



figura 23. Ventana de configuración de tipo de dispositivo

- En *Tipo de Red* se especifica el tipo de comunicación entre el PC y el PLC. En nuestro caso, seleccionaremos una comunicación mediante SYSMAC WAY. En **Configurar...** definiremos los parámetros de la comunicación, es decir, una velocidad de transferencia de 9600bits/s y el COM1 como número de puerto serie.

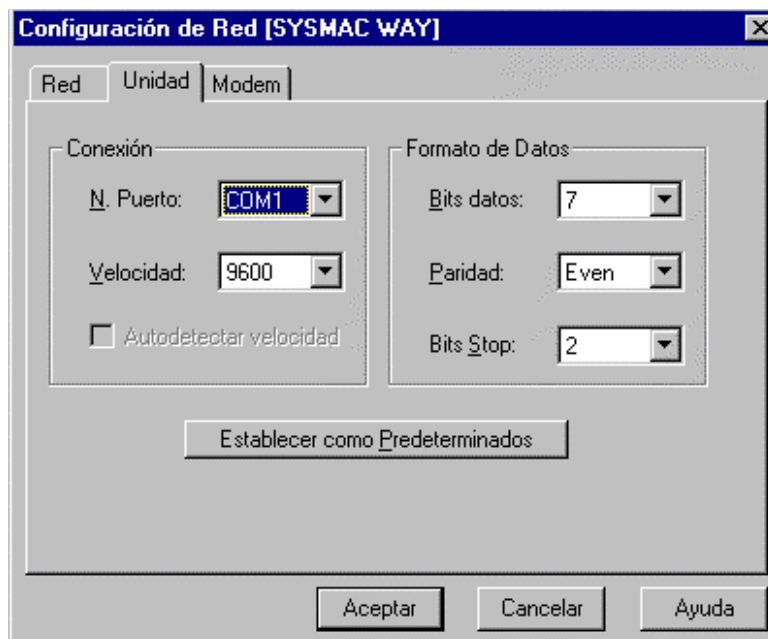
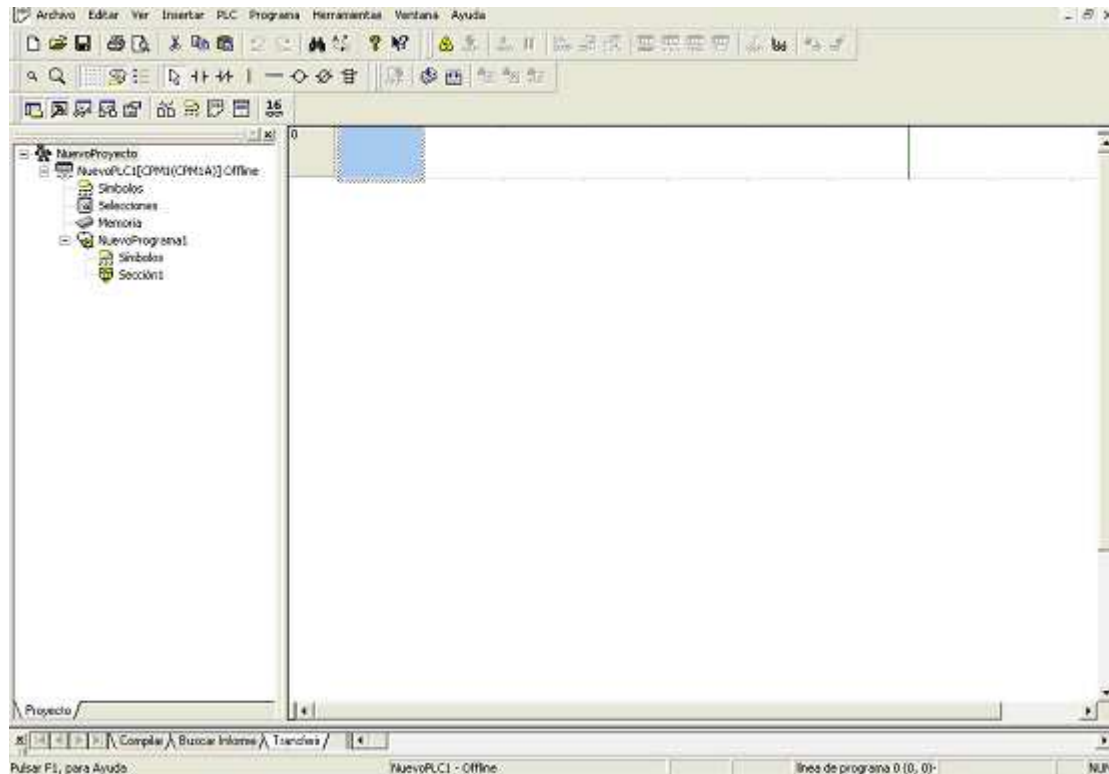


figura 24. Ventana de configuración de red

## Entorno de programación

Una vez creado el proyecto, ya podemos acceder al área de trabajo, también denominado *Editor de diagrama de relés*.



**figura 25. Ventana general CX-Programmer**

Para programar el autómata mediante el diagrama de relés utilizaremos las siguientes instrucciones representadas en los iconos que se describen a continuación:



- Nuevo contacto
- Nuevo contacto cerrado
- Nueva línea vertical
- Nueva línea horizontal
- Nueva bobina

Un diagrama de relés ó esquema de contactos consiste en una línea vertical a la izquierda que se llama “barra de bus” y de líneas paralelas que parten de ella denominadas “líneas de instrucción”. En las líneas de instrucción se colocan los relés ó contactos, que pueden corresponder con estados del sistema ó con condiciones de ejecución. Las combinaciones lógicas de estos contactos determinan cuándo y cómo se ejecutan las instrucciones del esquema, situadas al final de las líneas de instrucción. Todos los contactos, a efectos de



programación, llevan asignados una dirección de bit. Las entradas analógicas de nuestro PLC se representan por los bits comprendidos entre 0.00 – 0.11, las salidas por los bits 10.00 – 10.07 y los demás bits utilizados en nuestro programa corresponden a variables de memoria internas del PLC.

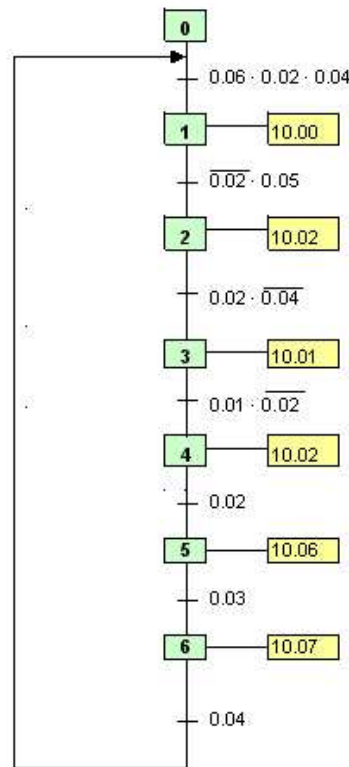
Toda contacto del diagrama de relés está ON u OFF dependiendo del estado del bit operando asignado. Una condición normalmente abierta está en ON si el bit asignado está en ON, y en OFF si el bit asignado está en OFF. Una condición normalmente cerrada está en ON si el bit asignado está en OFF, y en OFF si el bit asignado está en ON.

En todo caso, antes de proceder a la realización del programa en el diagrama de relés, es conveniente realizar el grafcet de nivel III, ya que en él quedaran definidas las etapas (estados), receptividades (entradas) y acciones (salidas) que permitirán la automatización y el control del proceso. Para la realización de este grafcet tenemos que partir del grafcet de nivel realizado anteriormente, teniendo en cuenta que la asignación de entradas y salidas es la siguiente:

Asignación de entradas y salidas:

0.01	sensor de peso <i>b</i>	10.00	válvula <i>va</i>
0.02	sensor de contenido <i>c</i>	10.01	válvula <i>vb</i>
0.03	sensor <i>m</i>	10.02	válvula <i>vc</i>
0.04	sensor de contenido <i>f</i>	10.06	motor <i>mo</i>
0.05	sensor de peso <i>a</i>	10.07	válvula <i>vm</i>
0.06	pulsador <i>p</i>		

GRAF CET DE NIVEL 3



A continuación podemos observar el código implementado sobre el diagrama de relés a partir del grafcet descrito anteriormente.

Cada segmento de código representa un estado, en el cual una vez superadas todas las transiciones en forma de contactos activaremos una bobina. Estas bobinas, más adelante (específicamente a partir del segmento de código 5) activaran las salidas correspondientes a cada estado del proceso. Como estas salidas se tratan de válvulas de simple efecto, no se tiene que implementar su desactivación o cierre de las mismas, sino que simplemente hay que evitar mantener su salida activa en el estado en que no sea necesario.

Un aspecto a tener en cuenta es que en nuestro proceso, es de que se trata de un proceso secuencial, es decir, que sólo puede haber un estado activo a la vez, por tanto, nos tenemos que asegurar que la activación de un estado provoca la desactivación del estado anterior. Esto se consigue poniendo un contacto cerrado después de las condiciones de transición entre dos estados con el valor de bit correspondiente al siguiente estado. Además, para conseguir que este valor se refresque tenemos que realimentar la activación de la bobina con un contacto de valor correspondiente al estado activado.

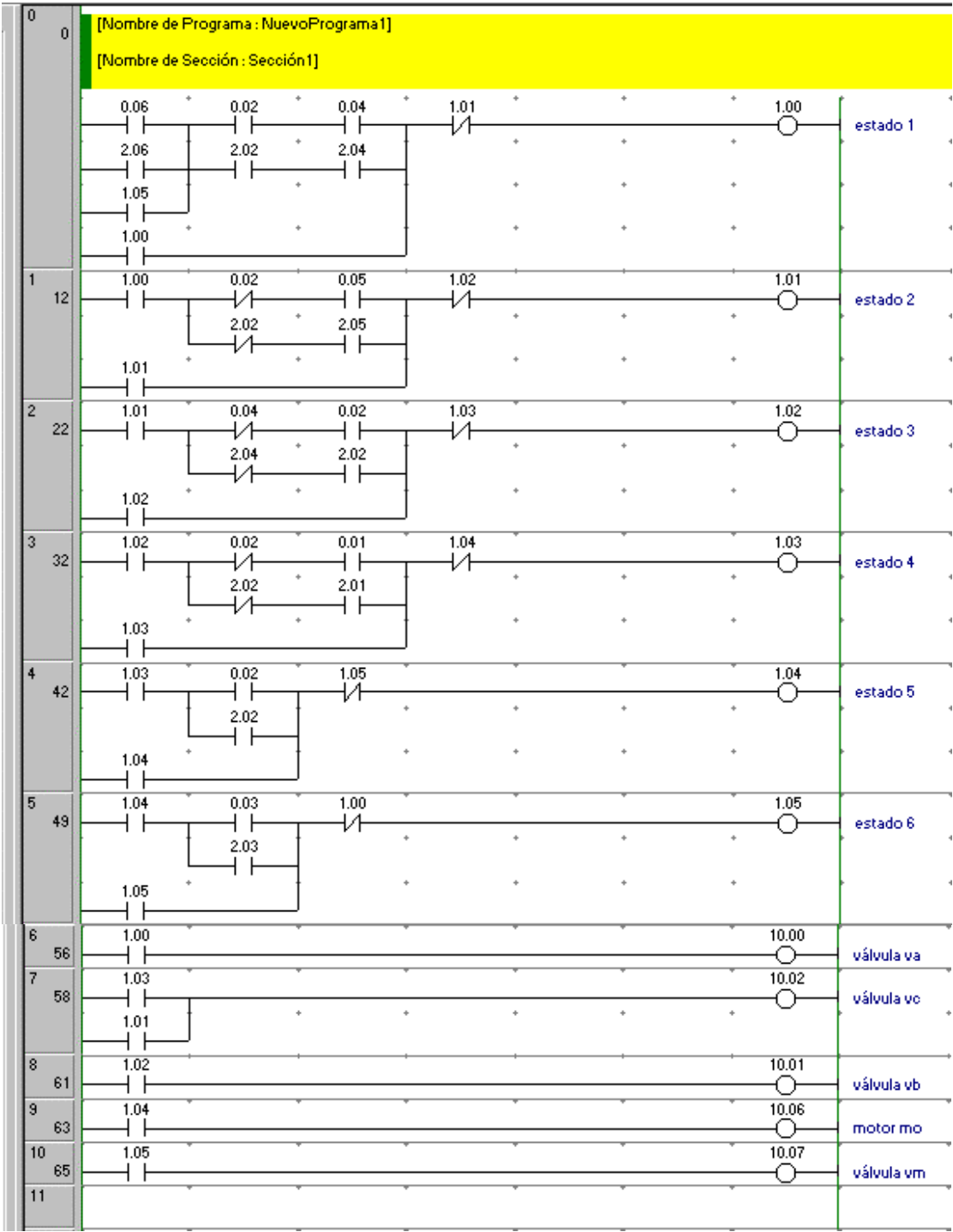




figura 26. Diagrama de contactos del proceso

## Modo On-Line

El modo *On-Line* permite establecer la comunicación con el PLC. Para entrar en modo *On-Line* seleccionar el icono .

## Transferencia del programa

Una vez realizada la comunicación con el PLC mediante el modo *On-Line* tenemos que transferir el programa creado con el diagrama de relés al PLC.

Para tal efecto, tenemos que seleccionar el icono . Es posible seleccionar las partes del programa a transferir.

## Verificación del programa



El chequeo del programa se realiza durante la compilación. Los posibles errores o avisos se muestran en la ventana de salida tal y como se muestra en la figura.

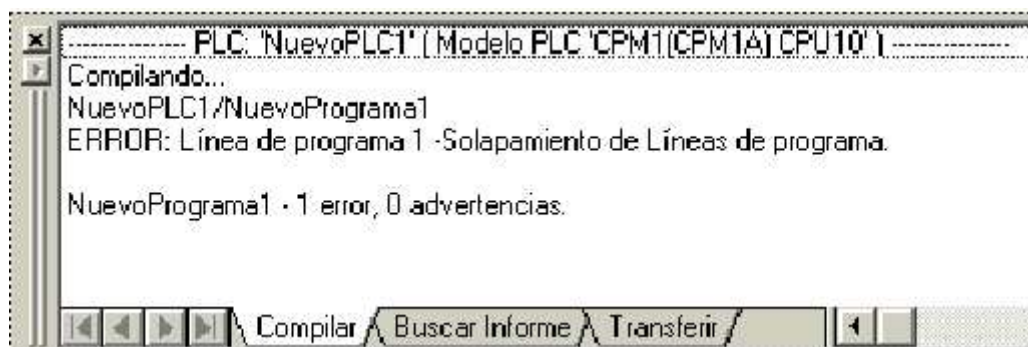


figura 27. Ventana de resultado de la compilación

Haciendo doble clic sobre el error, el cursor se posiciona en rojo sobre la instrucción o parte del programa que tiene el error. En todo caso, la compilación se realiza automáticamente antes de hacer una transferencia al PLC.

## Modo de operación

Una vez transferido el programa podemos trabajar en diferentes modos de operación, tal y como se describen a continuación.



**Modo monitor :** en el modo de operación Monitor, los programas del PLC se ejecutan, y las operaciones de E/S están activas. A pesar de esto, es posible escribir en la memoria del PLC desde un ordenador. Mientras está en Monitor, se puede:

- cambiar datos en todas las áreas de memoria
- realizar ediciones de programa online
- cambiar valores de TIM/CNT
- forzar bits (contactos / bobinas) a ON u OFF



**Modo run :** El modo de operación Run hace que el PLC ejecute el programa(s) y no permite escribir/forzar áreas de memoria del PLC desde un ordenador. Aunque si es posible leer (monitorizar) la memoria del PLC.

## 3.4 SOFTWARE SCADA CX-SUPERVISOR.

Cx-Supervisor es el software de supervisión para sistemas SCADA de la casa Omron. Es suficientemente flexible para trabajar sobre un solo PLC o sobre un sistema entero de producción. La programación es en un entorno windows de forma intuitiva mediante *scripts* y ventanas. Los *scripts* pueden ser propios del programa o *Java* y *Visual Basic Scripts*.

- **Características y Funciones.**

Las principales características y funciones del paquete SCADA Cx-Supervisor son:

**Programación:** La programación es en un entorno windows de forma intuitiva mediante *scripts* y ventanas. Los *scripts* pueden ser propios del programa o *Java* y *Visual Basic Scripts*. Las ventanas nos ayudan a configurar las E/S y las funciones de los distintos objetos en la pantalla de aplicación.

**Soporta Drivers Microsoft:** COM/DCOM, DDE, OPC, ActiveX (OLE), y tecnologías standar ODBC/ADO.

**COM/DCOM:** Standar comunicaciones externas de Windows.

DDE: Estándar comunicaciones internas entre programas en entorno Windows. Con la incorporación del estándar OPC puede enlazar con cualquier servidor de datos. Con el motor de comunicaciones CX-Server podemos utilizar el control de comunicaciones **Cx Communication Control** para el intercambio de datos de dos aplicaciones Cx-Supervisor que estén funcionando de manera distribuida sobre una red LAN.

Con el driver ActiveX podemos incluir controles de éste tipo y objetos OLE (browsers Web, Controles o displays MP3...) en las pantallas de aplicación para crear tareas preprogramadas.

**Objetos y Animaciones:** Con librerías de más de 3000 objetos los cuales solo tenemos que *cojerlos* de la librería y ponerlos (*Drag & Drop*) en la pantalla de aplicación. Podemos asociar a las librerías objetos más complejos tipo OLE o crear nuestra propias librerías. Podemos realizar todo tipo de animaciones con el editor de animaciones (Cambiar de tamaño, movimientos, parpadeos, cambios de color...) sobre los objetos seleccionados o los controles ActiveX de Omron o otros controles de windows.

**Recetas:** Para crear secuencias de programa enteras que pueden ser transferidas hacia o desde un PLC concreto para realizar procesos similares. Son colecciones de variables de puntos de E/S a las cuales se les asocia unos valores predeterminados que serán los mismos en cualquier proceso que incluya dichas E/S. Estas pueden ser almacenadas en el disco y utilizadas en conjunto al editar un nuevo proyecto.

**Alarmas:** Proporciona en la pantalla de aplicación una notificación de problemas durante el *runtime* del proceso y/o visualización de entradas salidas concretas. Tiene tres tipos: Simple, banda muerta (*deadband*) y rango de cambio. Tiene aplicaciones de historial de alarmas y aplicación, durante *runtime*, de **visor de conocimiento de alarma** (*alarm confirmation viewer*) para asegurar que el operario ha visto la alarma y actúa en consecuencia. Es tan simple como una ventana que surge durante el proceso, cuando una alarma salta.



figura 28. Ventana de conocimiento de alarma

**Data Logging:** Podemos ver los datos a tiempo real y los historicos del proceso; adquiriendo datos de cualquier elemento vinculado a la aplicación Cx-supervisor: Sensores, comunicaciones, PLCs... Estos archivos de datos no estan restringidos al PC MTU sino que cualquier PC puede recibir estos archivos con la aplicación de exportación de datos. Estos datos también pueden ser exportados a una hoja Excel dentro o fuera del sistema SCADA. Los datos pueden ser almacenados en forma de gráficos (a tiempo real o en historicos).

**Conexión a Bases de datos:** Permite conexiones a bases de datos usando ADO, MSAccess, SQLServer, ODBC for Oracle, texto, etc... Mediante esta aplicación podemos actualizar la base de datos del sistema a tiempo real o acceder a datos historicos almacenados.

**Networking:** Mediante esta aplicación podemos configurar la red de PLCs Omron asociadas al sistema. También podemos utilizarla en tiempo real durante el proceso para saber el estado de comunicaciones, realizar test del sistema y modificar E/S.

### 3.5 SUPERVISIÓN Y CONTROL DEL PROCESO.

En nuestra parte práctica del proyecto realizamos una interficie gráfica HMI SCADA con el programa Cx-Supervisor. Para ello, realizamos un esquema que representaba el proceso descrito en el ejercicio num. 4 de LAAI de una mezcladora química.

La parte de realizar el dibujo representativo de la planta que se verá en la pantalla de aplicación es muy sencilla con el CX-Supervisor. Sólo tenemos que abrir la libería de objetos y seleccionar los adecuados para el dibujo que queramos realizar. Mediante el ratón podemos colocarlos y darles tamaño.

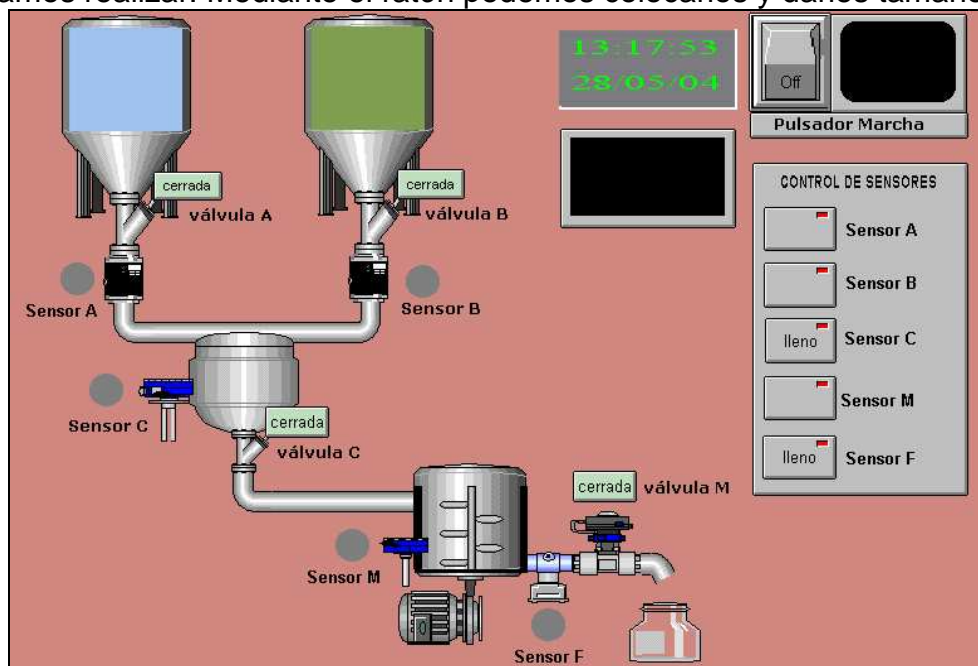
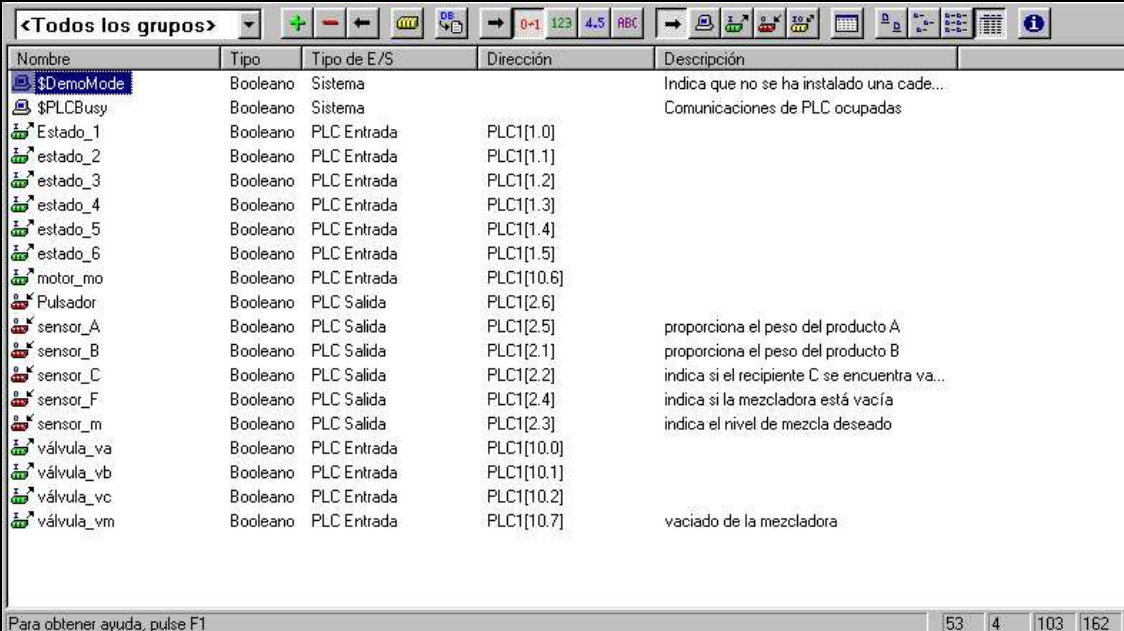


figura 29. Vista general de la interfaz visual

Mediante los controles ActiveX de Omron seleccionamos los botones relacionados con los sensores y el pulsador de marcha.

Una vez realizado el esquema de la interfaz, vinculamos los distintos elementos del dibujo y los botones a las marcas y salidas del PLC mediante el menu de puntos del sistema. Los puntos del sistema son los pasos que queremos visualizar del proceso.

En la ventana de puntos vemos la vinculación de las distintas variables del sistema con las señales E/S del PLC. Así, podemos ver el nombre de la variable, tipo de variable, Tipo E/S y dirección de memoria interna (dentro del mismo PC) o externa (PLC, controlador lógico...) asociada a cada variable. El sistema de referencia para los puntos es el MTU del SCADA, así vemos que los datos que salen de la interficie hacia el PLC son de **tipo salida** y los datos que van del PLC al ordenador son de **tipo entrada**.



Nombre	Tipo	Tipo de E/S	Dirección	Descripción
\$DemoMode	Booleano	Sistema		Indica que no se ha instalado una cade...
\$PLCBusy	Booleano	Sistema		Comunicaciones de PLC ocupadas
estado_1	Booleano	PLC Entrada	PLC1[1.0]	
estado_2	Booleano	PLC Entrada	PLC1[1.1]	
estado_3	Booleano	PLC Entrada	PLC1[1.2]	
estado_4	Booleano	PLC Entrada	PLC1[1.3]	
estado_5	Booleano	PLC Entrada	PLC1[1.4]	
estado_6	Booleano	PLC Entrada	PLC1[1.5]	
motor_mo	Booleano	PLC Entrada	PLC1[10.6]	
Pulsador	Booleano	PLC Salida	PLC1[2.6]	
sensor_A	Booleano	PLC Salida	PLC1[2.5]	proporciona el peso del producto A
sensor_B	Booleano	PLC Salida	PLC1[2.1]	proporciona el peso del producto B
sensor_C	Booleano	PLC Salida	PLC1[2.2]	indica si el recipiente C se encuentra va...
sensor_F	Booleano	PLC Salida	PLC1[2.4]	indica si la mezcladora está vacía
sensor_m	Booleano	PLC Salida	PLC1[2.3]	indica el nivel de mezcla deseado
válvula_va	Booleano	PLC Entrada	PLC1[10.0]	
válvula_vb	Booleano	PLC Entrada	PLC1[10.1]	
válvula_vc	Booleano	PLC Entrada	PLC1[10.2]	
válvula_vm	Booleano	PLC Entrada	PLC1[10.7]	vaciado de la mezcladora

figura 30. Ventana de puntos del sistema


Podemos añadir y crear más puntos del sistema simplemente apretando en el icono , luego haciendo doble click sobre el icono que aparecerá en la columna del nombre perteneciente al nuevo punto creado, accederemos a la ventana de configuración/modificación de punto.



figura 31. Menú de configuración de puntos de sistema

### Puntos de entrada al sistema.

En nuestra aplicación tenemos 10 puntos de entrada al sistema, esto es, información que transfiere el PLC al ordenador y que se ve representada mediante animaciones en la interfaz gráfica.

Tenemos puntos asociados a cada uno de los estados (marcas 1.0 .. 1.5) y a las marcas de las válvulas y motor del sistema que son las salidas 10.xx del PLC, para determinar cuando están activados.

Por ejemplo, si queremos crear un punto del sistema para recibir información del PLC de la marca del PLC estado1, tenemos que darle un nombre al punto (estado\_1) seleccionar el tipo de punto, tipo de E/S, Atributo, Frecuencia de actualización y los atributos E/S.

El tipo de punto puede: ser booleano, para activación por flanco; entero o real, para obtener datos del objeto vinculado: éste puede ser un contador, un temporizador o una variable en la memoria del PLC o una dato asociado a un servidor OPC; o de texto, cuando queremos que aparezca un texto por la pantalla asociado a un punto determinado.

El atributo de punto es el modo de activación booleano del punto: activación por nivel.


En la frecuencia de activación seleccionamos si el punto se activara a petición, sin retardo temporal, o después de un tiempo de haber sido activado. Esto es muy importante según las comunicaciones empleadas entre el ordenador y el dispositivo vinculado ya que la transferencia de datos puede experimentar un retardo temporal. Esto fue observado en nuestra aplicación ya que en los estados en los cuales tenían que estar todos los sensores activados en un instante de tiempo concreto, experimentaban cierto retardo temporal desde el PLC al PC que no permitía la visualización del siguiente estado. Por eso, incorporamos un retardo de actualización de 50ms.

Los atributos E/S seleccionan a que dispositivo u objetos vinculamos los puntos, en nuestro caso al PLC.

Mediante la configuración de atributos E/S vinculamos el punto a una marca del PLC, en éste caso la marca del estado1: 1.0, a través del menú de configuración de atributos del PLC. (Fig.: 3.4.5)

Al añadir el primer punto del proyecto lo primero que tenemos que hacer es seleccionar el PLC con el cual estamos trabajando a partir de agregar PLC. Mediante esta opción agregamos el PLC, tipo de CPU, le damos un nombre (PLC1) y configuramos el puerto COM por el que estemos trabajando así como la velocidad de transferencia de datos.

Una vez hemos agregado el PLC, éste mismo quedará vinculado al resto de puntos al menos que queramos agregar otro PLC. En ese caso deberíamos configurar el nuevo PLC y después tendríamos que escoger a cual de los dos asociamos los distintos puntos. En nuestro caso sólo utilizamos un PLC.

Otra forma de configurar el PLC mediante el icono  en la ventana de puntos antes de empezar a definir los puntos.

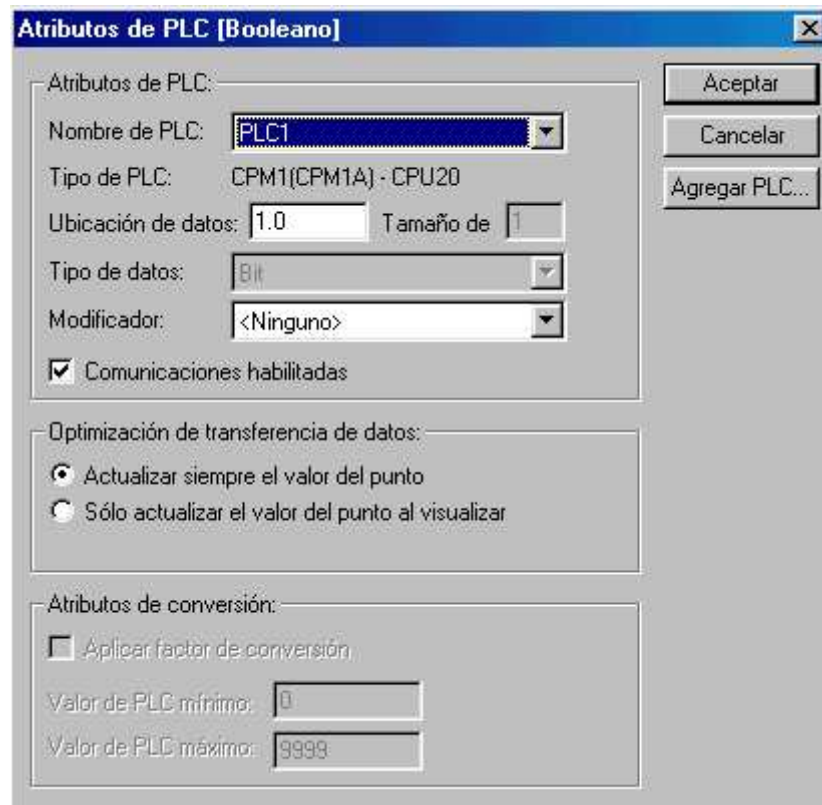


figura 32. Menú de configuración de atributos del PLC

En ubicación de datos seleccionamos la marca de memoria del PLC que queremos asociar al punto. Habilitamos comunicaciones y actualizar siempre el valor de punto, para poder saber en todo momento cual es el valor de la marca.

### Puntos de salida del sistema.

Los puntos de salida son los que activan marcas en el PLC desde la pantalla del configuración. Estos son los puntos que nos sirven para controlar el PLC desde la interfaz gráfica; podemos añadir puntos que controle botones de emergencia, consignas, variables de control, botones de reset... Estos puntos son los que dan al Cx-Supervisor la condición de software de supervisión ya que nos permiten actuar sobre el sistema mediante el ordenador.

En nuestra aplicación práctica hemos simulado el control de los sensores y el botón de puesta en marcha. Éste control de los sensores mediante el ordenador **no tiene un sentido práctico real**, ya que no tiene ningún sentido en el sistema, ya que el objetivo es supervisar la automatización y no que controlemos cada paso del sistema por el ordenador, sustituyendo la parte de automatización del sistema. Representan tan sólo un ejemplo ilustrativo de cómo controlar variables del sistema desde el PC.

El sistema de creación de puntos de salida es tan sencillo como el anterior y no tiene muchas variaciones sólo tenemos que seleccionar como tipo E/S: Salida y

la frecuencia de actualización será al cambiar, es decir, cuando nosotros lo indiquemos apretando el botón asociado en la pantalla.

figura 32. Menú de configuración de punto (salida)

En los atributos del PLC asociamos la marca, PLC y en acciones de transferencia de datos habilitamos escribir en PLC para que se modifique la marca en memoria.

figura 33. Menú de configuración de atributos del PLC (Salida).

## Creación de objetos y animaciones.

Para crear los LEDs de los sensores y válvulas así como los paneles de funcionamiento se han utilizado objetos hechos con las opciones de dibujo del Cx-supervisor. Una vez se crean los objetos deseados se les puede animar mediante el editor de animaciones. Asociando cada una de las animaciones a los puntos del sistema en los cuales queremos que se activen.

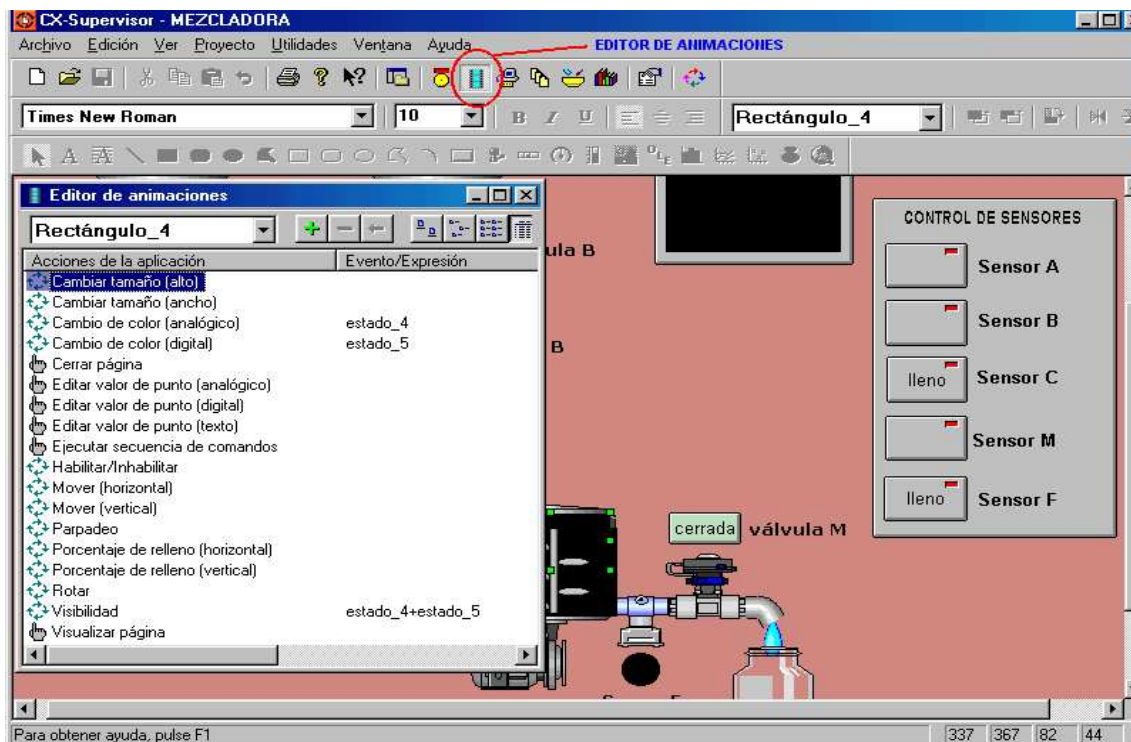


figura 34. Menú del Editor de Animaciones

Otra forma de crear animaciones es vinculando a los objetos scripts, los cuales proporcionan animaciones más complejas y de mayor calidad, pero en nuestro caso nos basamos en las animaciones básicas del programa.

Por ejemplo, para simular la caída del líquido del producto B (en verde) en el contenedor de mezcla, dibujamos un rectángulo sobre el contenedor, haciéndolo visible solo en la activación de los puntos estado\_4 y estado\_5, los cuales corresponden con los estados en los que el líquido está en éste tanque. Pusimos un color en el estado4 para que el líquido fuese verde (el color del producto B) y un cambio de color digital ( a la activación del punto) a púrpura en el estado5 que es cuando se efectúa la mezcla. El púrpura representa el color resultante de la mezcla de los dos productos. Para crear estas animaciones sólo hay que hacer doble click sobre la animación deseada y poner el nombre del punto en la ventana que aparece.

Para editar los botones de control ActiveX de los sensores y el pulsador es tan sencillo como las animaciones, lo único que hay que hacer es entrar en el menú de edición del botón y poner el nombre del punto asociado.



De esta forma a medida que va avanzando el proceso podemos ver la caída del líquido, las activaciones de las distintas válvulas y sensores del proceso y señales de funcionamiento.

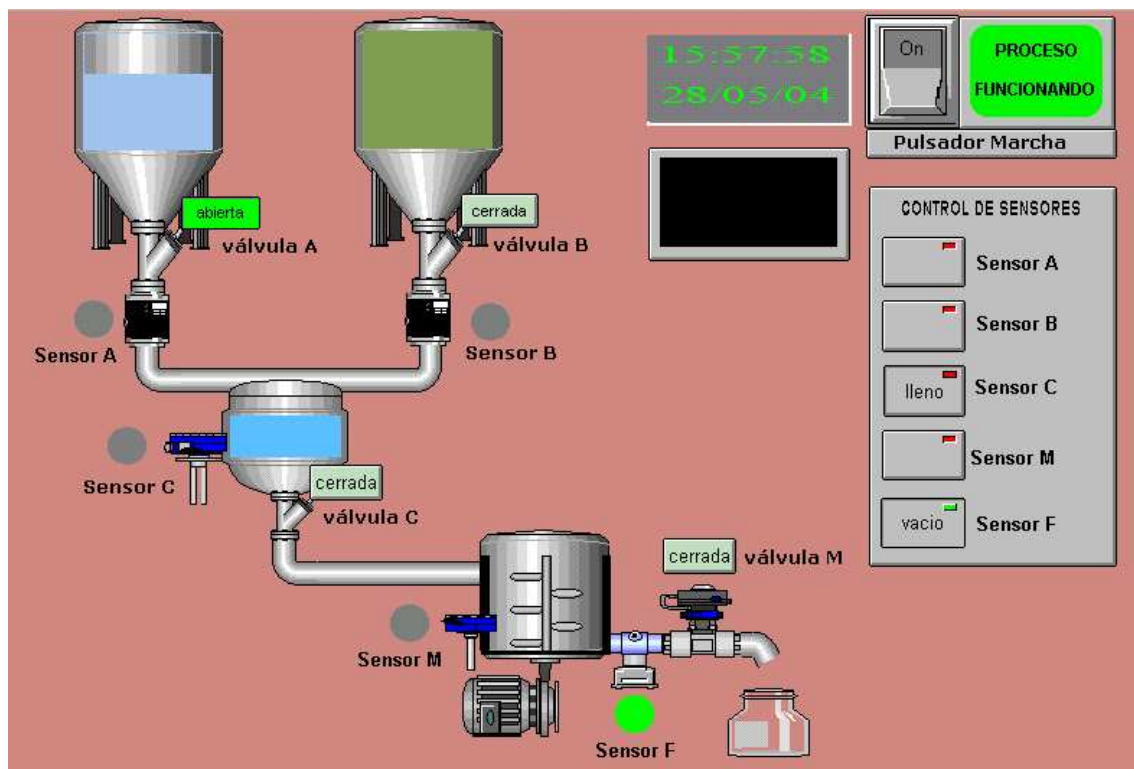


figura 35. Proceso en marcha, producto A cae al contenedor de peso, válvula A abierta

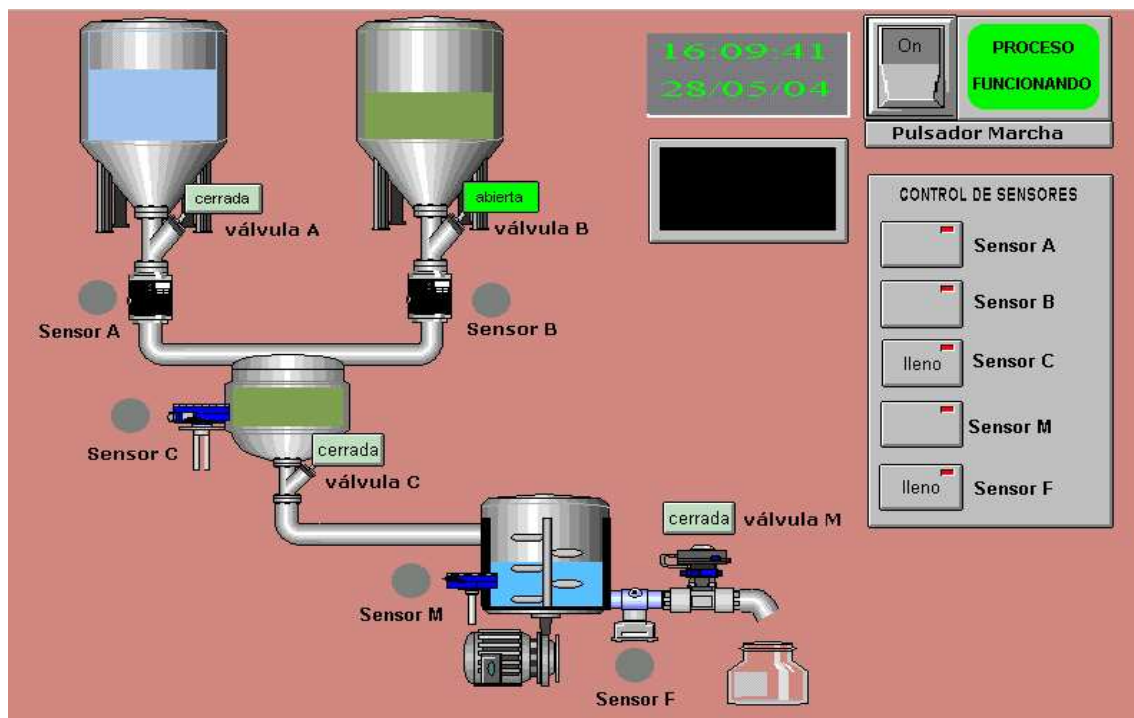


figura 36. Proceso en marcha, producto A ha caído al contenedor de mezcla, Producto B en contenedor de peso, válvula B abierta.

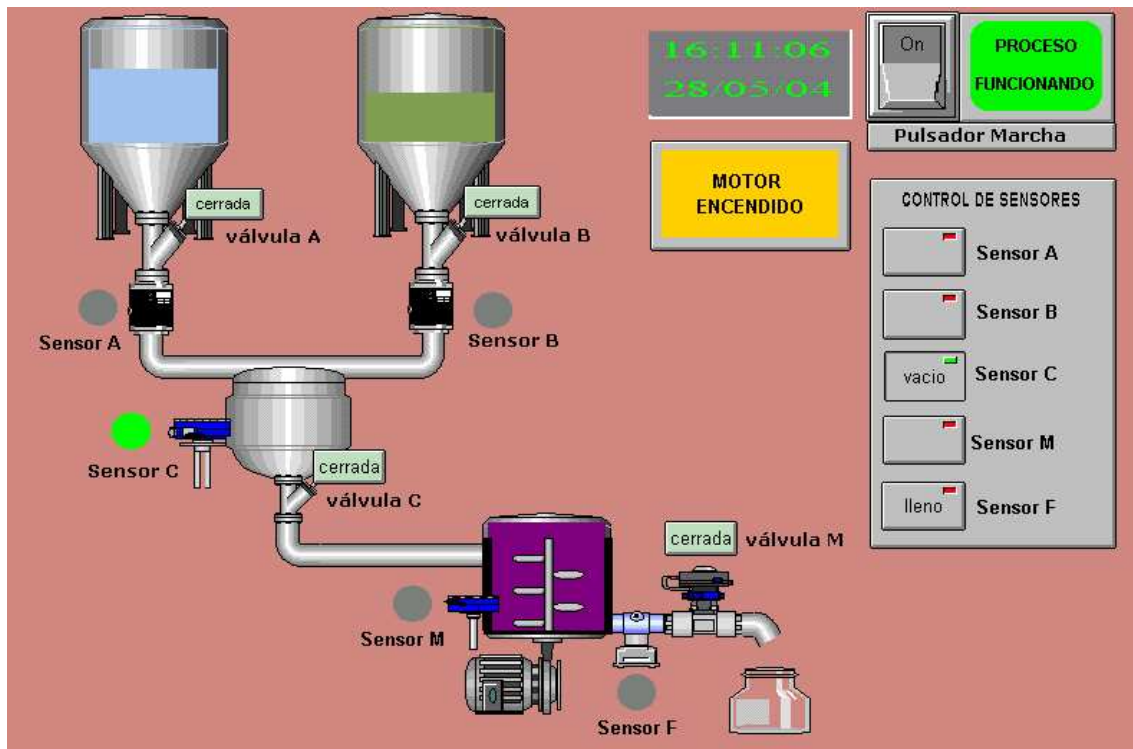


figura 37. Proceso en marcha, motor encendido, producto A y B mezclándose (púrpura), sensor C activado

## 4. BIBLIOGRAFÍA Y BÚSQUEDA EN INTERNET.

### Libros:

- Balcells, J; Romeral, J.L. (1997). *Autómatas programables*. Barcelona: Marcombo.
- Boyer, S.A. (2003). *SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition*. Paperback.

### Revistas:

- [3] Ayza, J. (2003). Software de Supervisión y control. *Automática e Instrumentación*, 344: 78-86.
- [3] Ayza, J. (1999). Software de Adquisición, supervisión y control: una evolución permanente. *Automática e Instrumentación*, 299: 117-131.
- Pi, X. (2003). Control remoto de una planta. *Automática e Instrumentación*, 338: 61-63.

### Páginas Web:

- [3] Página Web, URL < <http://www.scadanews.com> > Página dedicada a proveedores de sistemas SCADA, muy completa en este sentido; noticias dirigidas al sector industrial. A partir de esta web accedemos a las páginas de los principales fabricantes.
- [2] Página Web, URL < <http://ref.web.cern.ch/ref/CERN/CNL/2000/003/scada> > web del CERN donde se muestra un artículo del sistema SCADA PVSS propuesto (20 Sept. 2000) para sistemas de control de dicho instituto, en concreto la adquisición de datos de los colisionadores ALICE, ATLAS, CMS y LHCb. Ejemplo de una aplicación SCADA en instalaciones de experimentación.
- [1] Página Web, URL < <http://www.gasindustries.com/articles/gijul01c.htm> > Interesante artículo de *Gas Industry Magazine*, donde explica cuales son las variantes de sistemas SCADA frente a distintos problemas. by Janice Hungerford and Danetta York
- Página Web, URL < <http://www.mit.edu> >. Búsqueda clave: "SCADA". Podemos encontrar distintos desarrollos teoricos sobre sistemas SCADA y relaciones de Hardware apropiados para dichos sistemas.
- Página Web, URL < [http://olmo.pntic.mec.es/~jmarti50/portada/principal\\_mayo\\_02.htm](http://olmo.pntic.mec.es/~jmarti50/portada/principal_mayo_02.htm) > web de la revista REEA (Revista de Electricidad, Electrónica y Automática), donde podemos encontrar información técnica sobre sistemas SCADA.
- Página Web, URL < <http://www.automatas.org/redes/scadas.htm> >. [Consulta el 5 de marzo de 2004]
- Página Web, URL < [http://www.electroindustria.com/foro\\_temaview.asp?id\\_pregunta=341&id\\_foro=5](http://www.electroindustria.com/foro_temaview.asp?id_pregunta=341&id_foro=5) >. [Consulta el 18 de marzo de 2004]
- Página Web, URL < <http://www.industriaaldia.com/articulos/26-5.htm> > . [Consulta el 19 de abril de 2004]
- Página Web, URL < <http://www.industriaaldia.com/articulos/22-2.htm> > . [Consulta el 19 de abril de 2004]
- Página Web, URL < <http://www.uco.es/~el1momua/ergonomia/sistemashipermediaparaelcontroldeprocesos.htm> >. [Consulta el 19 de abril de 2004]



- Página Web, URL  
< [http://www.euskalnet.net/m.ubiria/ARTICULOS.htm#Articulos\\_2001\\_02](http://www.euskalnet.net/m.ubiria/ARTICULOS.htm#Articulos_2001_02) >  
[Consulta el 19 de abril de 2004]
- Página Web, URL < <http://www.controlsoftware.es/MyCitect1.htm> >.  
[Consulta el 19 de abril de 2004]
- Página Web, URL  
<[https://infonet.siemens.es/Newsletter\\_ControlMatic/newsletter\\_industrialsoft\\_n2/newsletter.htm](https://infonet.siemens.es/Newsletter_ControlMatic/newsletter_industrialsoft_n2/newsletter.htm)>.  
[Consulta el 19 de abril de 2004]
- Página Web, URL < <http://www.diea.ulpgc.es/users/aurelio/libros/autoproc/> >.  
[Consulta el 17 de marzo de 2004]
- Página Web, URL < <http://www.all-done.com/software/index.htm> >.  
[Consulta el 28 de marzo de 2004]
- Página Web, URL <<http://www.wonderware.com/products/visualization/intouch/>>.  
[Consulta el 29 de febrero de 2004]
- Página Web, URL < [http://www.automatas.org/omron/cx\\_supervisor.htm](http://www.automatas.org/omron/cx_supervisor.htm) >.  
[Consulta el 5 de marzo de 2004]
- Página Web, URL < <http://www.fp-arousa.org/> >.
- Página Web, URL < <http://forum.mrplc.com> >.
- Página Web, URL < <http://atc.ugr.es/~damas/Damas-PLC.htm> >.
- Página Web, URL < <http://www.plcs.net/links.htm> >.

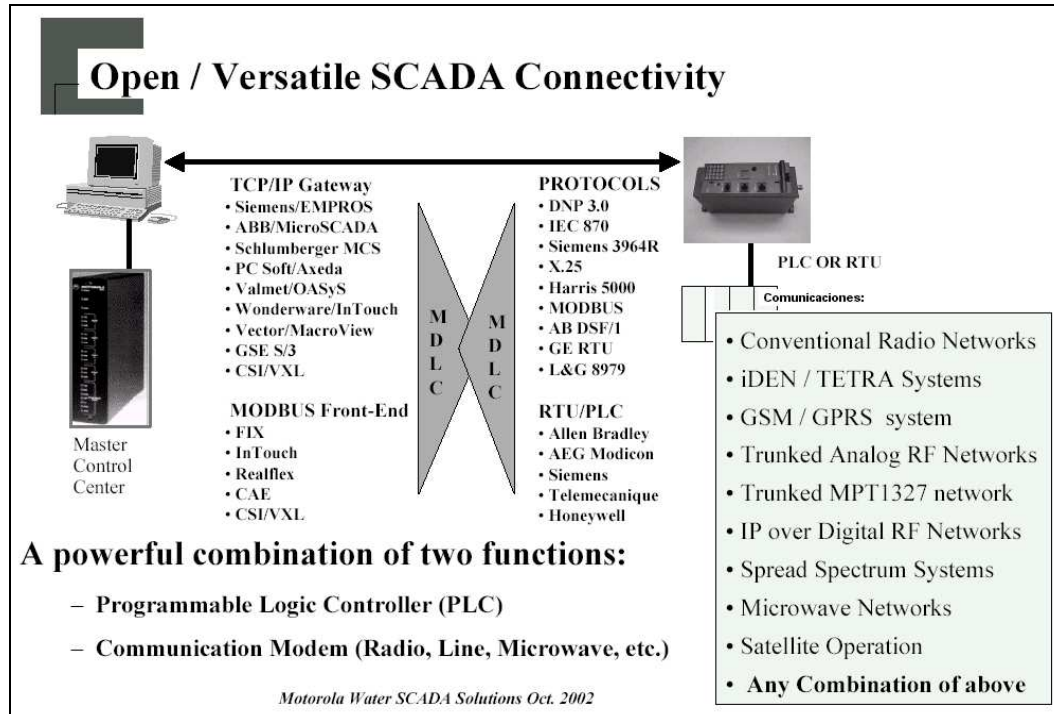
## 5. ANEXOS.

Cabe decir, que las webs consultadas en la bibliografía, forman un anexo en si mismas en la forma electrónica de éste trabajo, ya que a partir de ellas podemos consultar toda clase de datos como manuales, Datasheets, aplicaciones, profundizar en las partes teóricas... En éste apartado de anexo sólo ponemos algunos datos ilustrativos (para facilitar su consulta) de los temas desarrollados en el trabajo, extraídos de dichas webs en su mayoría.

### 5.1 MOTOROLA MOSCAD PLC:

Éste PLC es un ejemplo claro de la tendencia de los fabricantes a adaptar sus productos a los sistemas SCADA, debido a la alta aceptación que estos empiezan a encontrar en la industria.

El PLC de Moscad tiene una doble función: puede actuar como PLC(dispositivo de campo) de un sistema SCADA o como RTU y PLC, al mismo tiempo, del sistema; gracias a un modem incorporado el cual tiene un gran avance de conectabilidad a distintos tipos de comunicaciones y un surtido grupo de protocolos y drivers instalados. A más a más en estos modelos se potencia la CPU para poder realizar tareas propias de los RTUs. Gracias a estas características podemos conectar directamente el PLC al MTU central, sin necesidad de utilizar un PC industrial de enlace.



**fig.: A1. Principales características de comunicaciones del MOSCAD.**

Adjuntamos documento pdf: **Moscad in water systems**; como ejemplo de conectividad de PLCs SCADA dentro de un sistema.

## 5.2 SCADA Modems:

Relación de los modems utilizados en la industria para sistemas SCADA: Dial up y línea leased, modems celulares y wireless. (Fuente: Laboratorio de comunicaciones del MIT)

### 202T AC & DC Power

[UDS Motorola](#), [Telenetics](#), [GDC](#), [Racal Vadic](#), [Star-Comm](#)  
103, 212A, V.22bis, pin power, line power

[ARC Modem](#), [Star-Comm](#), [Telenetics](#)  
V.22bis pin & DC power

[ARC Modem](#), [Star-Comm](#), [Racal Vadic](#), [Telenetics](#)  
V.32bis, DC power, dial up, lease line, multi-drop

[ARC Modem](#), [Star-Comm](#), [Telenetics](#), [Zypcom](#)  
V.34bis DC power dial up, lease line

[Racal Vadic](#), [Telenetics](#), [Zypcom](#), [Star-Comm](#)  
dial backup

[Multitech](#), [Codex Motorola](#)  
dial back Security Encryption

[Star-Comm](#), [Multitech](#)  
Rack Chassis mounted modem

[Codex Motorola](#), [GDC](#), [Multitech](#), [Star-Comm](#), [Telenetics](#), [UDS Motorola](#), [Zypcom](#)  
[Multitech](#)  
RS232 pin powered, line power

[Telenetics](#), [ARC Modem](#)  
RS485, RS422, inter-faced modem

[Telenetics](#), [Industrial modem](#), [Datalink](#)  
fiber modem

[Telebyte](#), IFS, SI Tech, [Patton](#), Math Assoc.,  
leased-line multi-drop  
(fast poll, 202T, 201, 208, V.29)

[Codex Motorola](#), [UDS Motorola](#), [GDC](#), [Racal Vadic](#), [UDS Motorola](#), [Star-Comm](#)  
[Multitech](#)  
modem Network Managers

[Codex Motorola](#), [GDC](#), [UDS Motorola](#)  
short-haul modem, line driver

[Telebyte](#), [Patton](#), [Black Box](#), [FSK Modem](#)  
[NEW - V.90](#) The new ITU 56K modem standard.

### 5.3 Comunicación Excel-CxSupervisor por DDE para control SCADA.

Ejemplo extraído de la página Web, URL:

[http://www.infoplc.org/Ejemplos/Ejem\\_Omron/Ejem\\_Omron\\_CX\\_Supervisor\\_2/Ejem\\_CX\\_Supervisor\\_2.htm](http://www.infoplc.org/Ejemplos/Ejem_Omron/Ejem_Omron_CX_Supervisor_2/Ejem_CX_Supervisor_2.htm) :

En este ejemplo se explica como hacer una comunicación sencilla entre CX-Supervisor y una hoja de EXCEL.

Esta comunicación se realiza mediante DDE, que es un método estándar para la comunicación entre aplicaciones Windows

En el ejemplo no se utiliza ningún PLC, solo se centra en la comunicación SCADA - EXCEL.

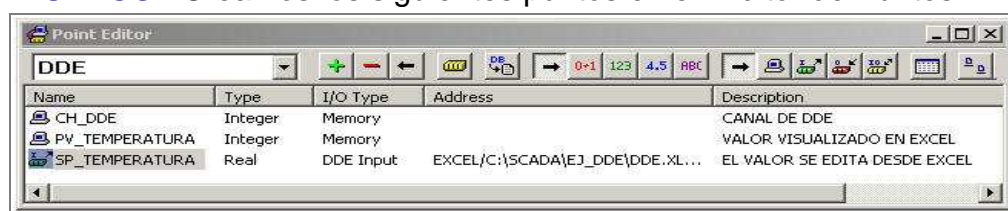
En éste ejemplo, simularemos el control de temperatura de un horno desde una interfaz gráfica. La comunicación será bidireccional: desde EXCEL podemos enviar datos al SCADA y a la inversa. Tendremos dos variables de control del proceso; el punto de consigna (sp) y el valor de proceso (pv).

Sp se establecerá desde una hoja EXCEL enviando el valor al SCADA y pv se visualizará en la hoja EXCEL en tiempo real a partir del valor tomado por el SCADA.

- **CX-Supervisor.**

- **CREAR PROYECTO:** Crear un nuevo proyecto (llamado DDE) y un archivo de Excel dentro del mismo proyecto, el cual estará asociado a éste.

- **PUNTOS:** Creamos los siguientes puntos en el "Editor de Puntos"



**CH\_DDE:** Punto Memoria Interna. Se crea un canal para la comunicación DDE.

The 'Modify Point' dialog box is shown with the following settings:

- General Attributes:**
  - Point Name: CH\_DDE
  - Group: DDE
  - Description: CANAL DE DDE
- Point Type:**
  - ☐ Boolean
  - ☒ Integer
  - ☐ Real
  - ☐ Text
- Point Attributes:**
  - Minimum Value: -99999999
  - Maximum Value: 99999999
  - Default Value: 0
- I/O Type:**
  - ☒ Memory
  - ☐ Input
  - ☐ Output
  - ☐ Input/Output
- Memory Attributes:**
  - Array Size: 1

Buttons on the right: OK, Cancel, Advanced..., Browse...

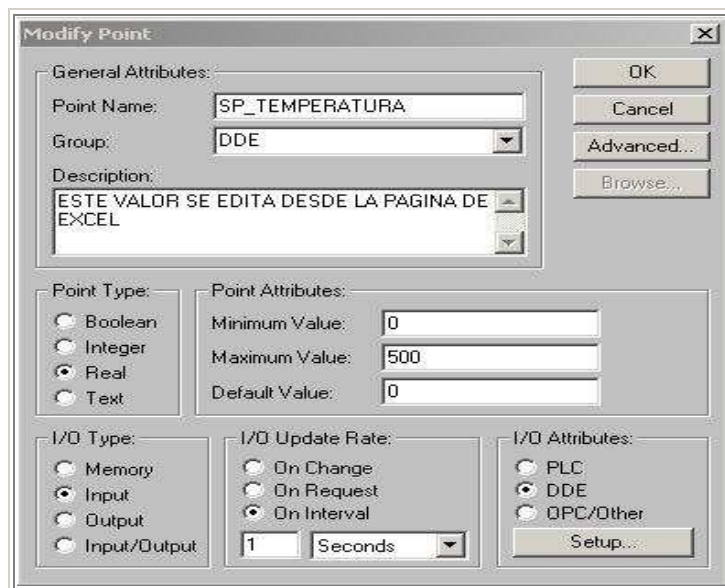
**PV\_Temperatura:** Punto Memoria Interna. Se almacena la Temperatura actual del proceso. Este punto será **leído** por EXCEL.

The 'Modify Point' dialog box is shown with the following settings:

- General Attributes:**
  - Point Name: PV\_TEMPERATURA
  - Group: DDE
  - Description:
- Point Type:**
  - ☐ Boolean
  - ☒ Integer
  - ☐ Real
  - ☐ Text
- Point Attributes:**
  - Minimum Value: 0
  - Maximum Value: 500
  - Default Value: 0
- I/O Type:**
  - ☒ Memory
  - ☐ Input
  - ☐ Output
  - ☐ Input/Output
- Memory Attributes:**
  - Array Size: 1

Buttons on the right: OK, Cancel, Advanced..., Browse...

**SP\_Temperatura:** Punto de Entrada. Este punto recibe al valor que se escribe en EXCEL.



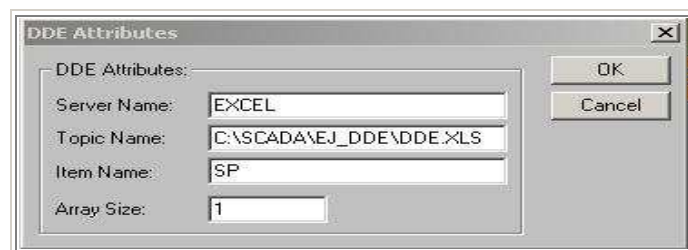
En I/O Attributes seleccionamos DDE y accedemos a su configuración. "Setup..."

**Server Name:** Nombre del Servidor DDE , en este caso Excel

**Topic Name:** Ruta de acceso al archivo XLS de Excel. Se recomienda guardarlo en el mismo directorio del proyecto. En el ejemplo el archivo se llama DDE.XLS

**Item Name:** Nombre de la celda en Excel. En el ejemplo, a la celda D7 se le ha llamado SP en Excel.

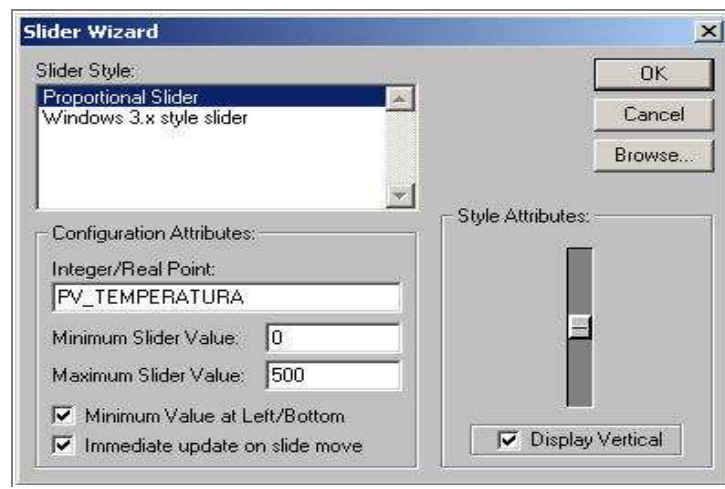
**Array Size:** Array



- **PANTALLA:** Desde esta pantalla controlaremos y visualizaremos el proceso.



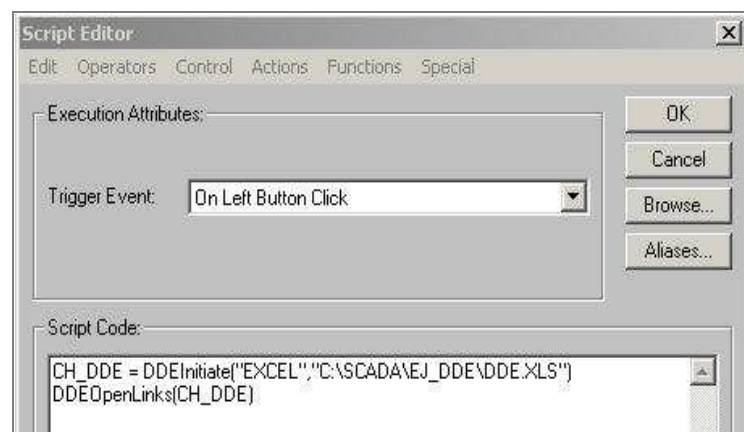
Utilizando la barra desplazadora se varia el valor del punto "PV\_TEMPERATURA". Este valor se visualizara en Excel al abrir la hoja que hemos creado "DDE.XLS"



El valor del punto "SP\_TEMPERATURA" se escribe desde Excel. Para ello se necesita abrir la comunicación DDE.

Se habilita un Boton "ABRIR EXCEL" que ejecutará un SCRIPT para abrir la comunicación.

Utilizando el Editor de Animación, crearemos un script que se ejecutara al pulsar el Botón. Cuando pulsemos el Botón para abrir la comunicación es necesario que la hoja de Excel este abierta.

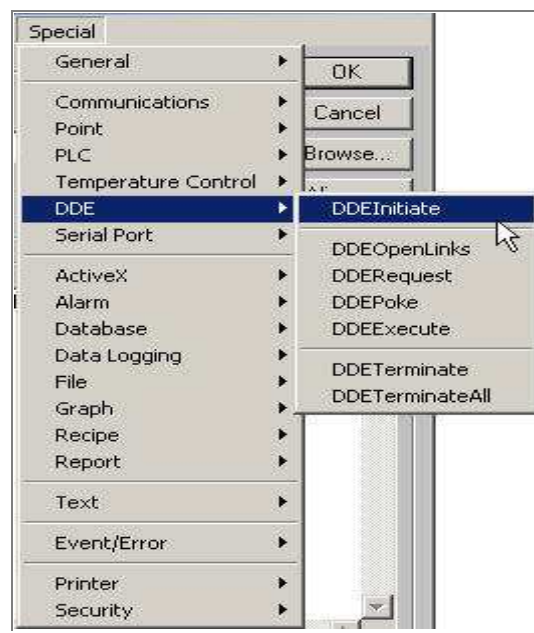



**DDEInitiate:** Abrir un canal de comunicación DDE entre CX-Supervisor y Excel  
*Canal=DDEInitiate("nombre\_servidor","directorio")*

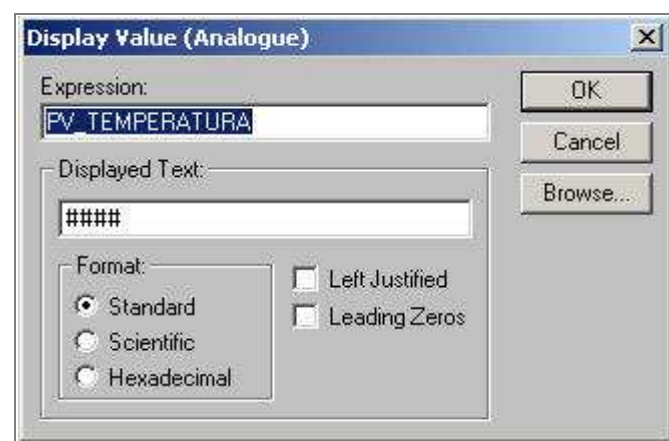
**DDEOpenLinks:** Activa los puntos configurados para comunicación DDE  
*DDEOpenLinks(Canal)*

Para escribir los SCRIPT dentro del "Script Editor" accedemos a "Special"





Tanto el valor de SP como de PV se visualizaran en esta pantalla utilizando el Editor de Animación  y la función "Visualizar un Valor Analógico"



- **EXCEL.**

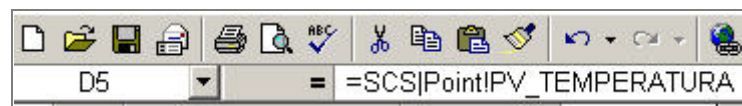
Creamos una Hoja de Excel DDE.XLS en el directorio del proyecto. Habilitamos dos celdas, una para leer el PV y otra para escribir el SP.





**PV:** Celda D5: Aquí se leerá del CX-Supervisor el valor del punto "PV\_TEMPERATURA"

Para leer un punto hay que escribir lo siguiente en la celda: =SCS|Point! *Punto*



**SP:** Celda D7: Aquí se escribirá el valor del punto "SP\_TEMPERATURA"

Para escribir el valor del SP es necesario que desde CX-Supervisor se abran las comunicaciones DDE utilizando el Botón.

- **MODO DE EJECUCION:**

Ejecutamos la RUNTIME de CX-Supervisor 

Abrimos la Hoja de Excel. Nos pregunta si queremos abrir los vínculos externos (CX-Supervisor) En el momento que aceptamos, ya podemos visualizar en la celda de Excel el valor del PV.

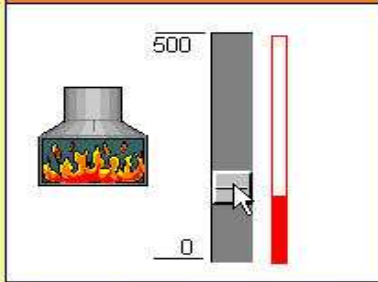
Una vez abierto Excel, desde CX-Supervisor abrimos el canal de comunicación. Escribimos en la celda del SP un valor que será el que tome el punto "SP\_TEMPERATURA".

www.infoPLC.org

## EJEMPLO COMUNICACION CX-SUPERVISOR - EXCEL

### TEMPERATURA HORNO


**PV: 148**



UTILIZANDO LA BARRA SE SIMULA  
EN VALOR DE PV DE TEMPERATURA

**SP: 230**

ABRIR EXCEL



EL VALOR DE SP SE ESCRIBE  
DESDE LA HOJA DE EXCEL

**Microsoft Excel - DDE**

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

D8 =

	A	B	C	D	E	F
1						
2						
3		<b>DDE CX-SUPERVISOR</b>				
4		<b>TEMPERATURA</b>	<b>PV</b>	148		
5						
6			<b>SP</b>	230		
7						
8						
9		www.infoPLC.org				

Hoja1 / Hoja2 / Hoja3

Listo